

Université de Montréal

Le poids des chevrettes laitières à la mise à la reproduction : association avec  
l'âge et la probabilité de mettre bas

par Sylvie Nadon

Département de sciences cliniques  
Faculté de médecine vétérinaire

Mémoire présenté à la Faculté de médecine vétérinaire  
en vue de l'obtention du grade de maître ès sciences (M. Sc.)  
en sciences vétérinaires option sciences cliniques

Mai 2017

©Sylvie Nadon, 2017

## RÉSUMÉ

Le poids à la mise à la reproduction a été associé avec la productivité à long terme des chèvres laitières. L'objectif de cette étude était d'estimer la relation entre le poids à 210 jours de vie (W210) avec la probabilité subséquente d'atteindre la première mise bas (PK) et l'âge à cette première mise bas (AFK) chez des chèvres de race Alpine et Saanen. Un échantillon de convenance de 744 chevrettes Alpine et 217 chevrettes Saanen provenant de 17 troupeaux effectuant les contrôles laitiers dans la province de Québec, Canada, a été analysé. Le poids des chevrettes a été estimé à partir du périmètre thoracique entre l'âge de 5 et 9 mois. La régression linéaire mixte a été utilisée pour modéliser le poids à partir de l'âge, pour ensuite prédire le W210 de chacune des chevrettes. La moyenne de PK était de 88,0 et 92,7 % pour les races Alpine et Saanen respectivement. La régression logistique a montré que W210 était significativement associé avec PK. La moyenne AFK était de  $502 \pm 129,6$  jours et  $445,5 \pm 92,6$  jours pour la race Alpine et la race Saanen respectivement. La régression linéaire mixte a montré que les chevrettes Alpine et Saanen avec un W210 plus lourd mettaient bas plus tôt que les chevrettes avec un W210 plus léger. Selon nos analyses, les chevrettes de race Alpine et Saanen devraient peser au minimum 30 et 34 kg respectivement à l'âge de 7 mois pour atteindre un PK de 90 % et l'AFK médian par race et troupeau.

**MOTS-CLES :** chevrete, chevrotage, mise bas, croissance, chèvre laitière, âge à la reproduction, âge à la première mise bas.

## **ABSTRACT**

Weight at mating has been associated with lifelong productivity in dairy goat. The objective of this study was to estimate the relationships between weight at 210 days old (W210) with subsequent probability of first kidding (PK) and age at first kidding (AFK) of Alpine and Saanen goats, respectively. A convenient sample of 744 Alpine and 217 Saanen dairy goats from 17 farms performing regular milk controls in the province of Québec, Canada, was analysed. Kids' weights were measured using a heart girth tape between the age of 5 and 9 months. Mixed linear regressions were used to model the weight according to the age of goat, which was then used to predict the W210 of each goat. The PK means were respectively 88.0% and 92.7% for the Alpine and Saanen goats. Based on logistic regression, PK was significantly associated with W210. Mean AFK were  $502 \pm 129.6$  and  $445.5 \pm 92.6$  days for the Alpine and Saanen breeds, respectively. Mixed linear regression showed that Alpine and Saanen goats with higher W210 kidded at younger age than goats with low W210. According to our results, Alpine and Saanen goat kids should weigh at least 30 and 34 kg respectively at the age of seven months to achieve PK of at least 90 %, and a median AFK by breed and herd in a range of  $\pm 30$  days.

**KEYWORDS:** goat kid, doeling, growth, dairy goat, weight at mating, age at first kidding,

# TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ .....	ii
ABSTRACT .....	iii
TABLE DES MATIÈRES .....	iv
LISTE DES TABLEAUX.....	vi
LISTE DES FIGURES.....	vii
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS .....	viii
REMERCIEMENTS .....	ix
INTRODUCTION .....	1
CHAPITRE 1 : recension de la littérature.....	3
1.1 La croissance de la chevrette laitière .....	3
1.1.1 Courbes de croissance .....	3
1.1.2 La croissance compensatoire .....	6
1.1.2.1 Description.....	6
1.1.3 Les différents facteurs pouvant influencer le poids à la naissance.....	8
1.1.3.1 La race .....	8
1.1.3.2 La taille de la portée.....	9
1.1.3.4 L'âge de la mère .....	9
1.1.3.5 La saison de naissance .....	11
1.1.3.6 Le sexe du chevreau.....	11
1.1.3.7 Autres facteurs .....	12
1.1.4 Le sevrage.....	12
1.2 L'effet de la régie des troupeaux sur la croissance des chevrettes .....	13
1.2.1 Le colostrum.....	13
1.2.1.1 L'impact du colostrum sur la croissance et la survie.....	16
1.2.2 L'écornage.....	17
1.2.3 L'alimentation post-sevrage .....	18
1.2.3.1 Généralités.....	18
1.2.3.2 Les coccidiostatiques .....	20
1.2.4 Les maladies respiratoires .....	21
1.3 La reproduction de la chevrette.....	23
1.3.1 Généralités .....	23
1.3.2 Méthodes avec hormones synthétiques .....	23
1.3.3 Méthodes de contrôle sans hormones.....	24
1.3.3.1 Contrôle de la photopériode .....	24
1.3.3.2 L'effet « bouc » .....	25
1.3.4 Facteurs pouvant affecter la fertilité.....	26
1.3.4.1 La note d'état corporel .....	26
1.4 Impacts de l'âge à la première mise bas sur la productivité .....	29
Objectifs .....	31
Hypothèses .....	31
CHAPITRE 2 : Article scientifique .....	32
CHAPITRE 3 : Discussion générale.....	58

3.1	Élaboration des modèles statistiques .....	58
	Poids 7 mois corrigé .....	58
	Poids 7 mois corrigé vs probabilité de mettre bas .....	58
	Poids 7 mois corrigé vs âge de mise bas.....	59
3.2	Limites de l'étude .....	60
	L'alimentation.....	60
	Perte au suivi.....	60
3.3	Pistes à explorer suite à notre étude .....	63
	RÉFÉRENCES.....	65
	ANNEXE 1 : Diagramme de causalité de la croissance de la chevrette .....	x
	ANNEXE 2 : Résultats des questionnaires sur la régie de troupeaux. ....	xi

## LISTE DES TABLEAUX

### Revue de littérature :

<b>Tableau 1 :</b> Comparaisons des poids (kg) des chevrettes de race Alpine et Saanen selon l'âge, adapté de Meza-Herrera et al. (2014) et Regadas Filho et al. (2014).....	6
<b>Tableau 2 :</b> Poids moyens (kg) à la naissance et au sevrage de plus de 17 000 chevreaux mâle et femelles majoritairement de race Alpine ou Saanen selon la taille de la portée, adapté de Meza-Herrera et al. (2014). .....	8
<b>Tableau 3:</b> Tableau comparatif du colostrum et du lait de chèvre (adapté de (Gueguen, 1997, Moreno-Indias et al., 2012, Hodulova et al., 2013, Michlova et al., 2015, Brunelle, 2016).....	13
<b>Tableau 4:</b> Exigences nutritionnelles de la chèvre selon son stade de production. Adapté du <i>National Research Council</i> (NRC, 2007).....	19
<b>Tableau 5 :</b> Différence de GMQ selon l'atteinte pulmonaire de 11 437 agneaux, adapté de McRae et al. (2016). .....	22

### Article scientifique :

<b>Table 1:</b> Mean weight at 210 days old (kg) of 1271 dairy goat kids.....	54
<b>Table 2:</b> Weight at 210 days old prediction models by Alpine and Saanen goat kids....	54
<b>Table 3:</b> Logarithm of the odds to reach first kidding prediction models by breed. ....	55
<b>Table 4:</b> Median age at first kidding prediction models by Alpine and Saanen goat kids .....	55

## LISTE DES FIGURES

### Revue de littérature :

- Figure 1 :** Courbe de croissance de 392 chevrettes de race Alpine et Saanen de la naissance à 5 mois de lactation, par (Lictevout, 1992), paru dans (Morand-Fehr et al., 1996). (Autorisation de publication par Lictevout, 2016). ..... 3
- Figure 2:** Courbes types de croissance de la chevrette laitière, adapté de Piedhault et al. (2014). La ligne bleue représente une courbe de croissance liée à un objectif de production laitière de 850L par année et la ligne rouge un objectif de production de 650L qui, selon les auteurs est la production minimale requise pour rentabiliser la chèvre. La ligne verte représente un objectif de production intermédiaire et dont le retard de croissance peut être rattrapé (adapté de Piedhault et al. (2014)). Les ronds oranges représentent les données québécoises selon Doizé et al. (2013) ..... 5
- Figure 3 :** Niveaux de note d'état corporel selon l'anatomie de la région lombaire chez la chèvre. Le rouge et le rose indiquent respectivement la peau et les dépôts de muscles et/ou de graisses au niveau des vertèbres lombaires (adapté de Doré et al. (2015) avec permission). ..... 27
- Figure 4 :** Niveaux de note d'état corporel selon l'anatomie de la région sternale chez la chèvre. Le rouge indique les dépôts de muscles et de graisses au niveau du sternum (adapté de Doré et al. (2015) avec permission). ..... 27

### Article scientifique :

- Figure 1:** Predicted probability to reach first kidding model for the Alpine breed depending on the weight at 7 months old where the plain line is the mean probability of first kidding and the pointed lines represent the confidence interval of 95%. ..... 56
- Figure 2 :** Predicted probability to reach first kidding model for the Saanen breed depending on the weight at 7 months old where the plain line is the mean probability of first kidding and the pointed lines represent the confidence interval of 95%. ..... 56
- Figure 3:** Predicted age at first kidding (AFK) centered on the median AFK per herd for the Alpine breed where the plain line is the mean predicted AFK, the pointed lines represent the confidence interval of 95% and the X represents the observed median centered AFK per goat ..... 56
- Figure 4:** Predicted age at first kidding (AFK) centered on the median AFK per herd for the Saanen breed where the plain line is the mean predicted AFK, the pointed lines represent the confidence interval of 95% and the stars represent the observed median centered AFK per goat ..... 56

## LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

AFC	Age at first calving (âge à la première mise bas : vache)
AFK	Age at first kidding (âge à la première mise bas : chèvre)
BCS	Body condition score (note d'état corporel)
CRAAQ	Centre de références en agriculture et agroalimentaire du Québec
CVMS	Consommation volontaire de matières sèches
DNA	Acide désoxyribose nucléique
FSH	Hormone folliculo-stimulante
GEE	Generalized estimating equation (equation d'estimation generalise)
GnRH	Hormone de libération de gonadotrophine hypophysaire
GMQ	Gain moyen quotidien
HO	Holstein
IDELE	Institut de l'élevage de France
IgG	Immunoglobuline de classe G
ISQ	Institut de la statistique du Québec
JC	Jour court
JL	Jour long
LH	Hormone lutéinisante
MAPAQ	Ministère de l'Agriculture, Pêcheries et l'Alimentation du Québec
ME	Énergie métabolisable
MG	Matière grasse
NEC	Note d'état corporel
NRC	National research council (Conseil National de Recherches)
PB	Protéines brutes
PK	Probability of kidding (Probabilité de mettre bas)
PMSG	Hormone de libération de la gonadotrophine
PM	Protéine métabolisable
SECLRQ	Société des éleveurs de chèvres laitières de race du Québec
TIP	Transfert d'immunité passive
W210	Poids prédit et corrigé à exactement 210 jours de vie



## REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier Dany Cinq-Mars, professeur titulaire de l'Université Laval où j'ai complété mon baccalauréat en agronomie, d'avoir pensé à moi pour ce projet de maîtrise, vu mon intérêt marqué pour la production caprine. Étant aussi co-directeur du projet, j'aimerais d'ailleurs souligner ses encouragements précieux et sa vision d'agronome dans un programme relié à la médecine vétérinaire.

Je tiens également à remercier mon directeur de maîtrise, Dr Sébastien Buczinski, pour sa disponibilité et son ouverture pour mes nombreux questionnements. Ses conseils et ses encouragements précieux auront su m'aider afin de réaliser l'ensemble du projet.

Je veux également remercier ma co-directrice, Dre Julie Arsenault pour ses précieux conseils surtout au niveau des notions d'épidémiologies et de statistiques. D'ailleurs, son aide dans la programmation de la banque de données m'a été indispensable.

Je ne peux passer sous le silence la précieuse collaboration de Sylvie Vermette, chargée de projet à la Société des Éleveurs de Chèvres Laitières de Races du Québec. La planification de la collecte des données s'est bien déroulée grâce à son sens de l'organisation rigoureux. Par le fait même je remercie tous les producteurs participants de nous avoir accueillis et d'avoir répondu à nos nombreuses questions.

Merci aussi à Dr Jocelyn Dubuc et Laurence Puillet, précieux membres du comité-conseil pour leurs recommandations et leurs connaissances.

Je tiens à remercier mon conjoint Benjamin Beaulac, pour son épaule dans laquelle j'ai probablement versé plusieurs larmes de découragements dans les moments sombres. Sa confiance en moi m'a poussée à être encore plus déterminée et motivée.

Pour terminer, j'aimerais remercier mes allumeuses d'étoile qui font en sorte que les femmes croient en elles et se dépassent par le sport. Elles me poussent à me dépasser et à rêver grand, que tout m'est possible. Merci à ces femmes inspirantes : Karine Champagne et Claude Dufour.

## INTRODUCTION

La production laitière caprine a connu une forte croissance au Québec au cours des 20 dernières années. En effet, le cheptel est passé de 9 000 à 18 760 têtes de 2000 à 2014 selon le Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ)(Dumoulin, 2016). L'Institut de la statistique du Québec (ISQ), conjointement avec le Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ), a publié les statistiques sur la production caprine au Québec. Depuis 2011, la taille du cheptel semble s'être stabilisée autour de 19 000 têtes réparties dans 136 élevages. En effet, on comptait entre 18 760 et 19 316 chèvres laitières au Québec entre les années 2011 à 2014 (Dumoulin, 2016). En comparaison, l'industrie laitière bovine comptait plus de 350 000 têtes et près de 6700 fermes en 2014 (Lalancette, 2016). D'ailleurs, selon un sondage téléphonique réalisé auprès des producteurs laitiers caprins par le MAPAQ en 2007, 80 % des entreprises étaient en activité depuis moins de 15 ans et plus de la moitié de celles-ci l'étaient depuis moins de 6 ans (MAPAQ, 2011). Cet essor de la production de lait de chèvre serait associé à l'augmentation de la demande des produits issus de la chèvre par l'arrivée de certains groupes ethniques (Dumoulin, 2016). Selon la monographie sur l'industrie caprine publiée en 2011 par le MAPAQ, le volume des ventes de viande caprine a subi une hausse de 113 % comparativement à 6,9 % pour l'ensemble des viandes de 2005 à 2010 (MAPAQ, 2011). Le fromage de chèvre a également connu une augmentation du volume de vente de l'ordre de 16 % entre 2007 et 2010 (MAPAQ, 2011). Pour aider à la sélection des meilleurs sujets et améliorer la productivité des fermes, le contrôle laitier individuel est un outil indispensable afin de quantifier la production et la qualité du lait produit par chaque sujet. Selon des données obtenues de Valacta, en 2012, tout juste avant le début de cette étude, 90 % des chèvres aux contrôles laitiers étaient soit de race Alpine, soit de race Saanen. Chacune de ces races représentait respectivement 58 et 32 % de l'effectif québécois aux contrôles laitiers (Brunelle, 2012). Le 10% restant était constitué des races Nubienne et Toggenbourg (Brunelle, 2012).

La productivité des fermes laitières caprines dépendent de plusieurs facteurs liés à la génétique et à la régie de troupeau. Ces facteurs incluent la croissance adéquate des

chevrettes de remplacement. En Europe, tout comme en Amérique du Nord, il est recommandé de viser une première mise bas vers l'âge d'un an pour optimiser la productivité des chèvres sans compromettre leur croissance (IDELE, 2012, Méthot & Marier, 2016). Sur une base individuelle, Morand-Fehr et al. (1996) recommande de mettre à la reproduction les chevrettes lorsqu'elles ont 7 mois si elles ont atteint un minimum de 50 % du poids adulte et si elles ont une note d'état corporel entre 2,75 et 3,0 sur une échelle de 5, afin que la saillie fécondante survienne autour de l'âge de 8 mois (Morand-Fehr et al., 1996). Ainsi, l'âge visé à la première mise bas est d'environ 13 mois. Puisque les chevrettes sont généralement élevées en lot, Morand-Fehr et al. (1996) suggère que le poids moyen à 8 mois devrait se situer entre 34 et 36 kg afin que 95 % des chevrettes ait atteint au moins 32 kg à 8 mois, lors de la saillie fécondante voulue. De plus, selon une analogie avec la vache laitière, il est suggéré de mettre les chevrettes à la reproduction lorsque celles-ci atteignent l'âge de 7 mois, à condition que leur poids vif ait atteint 60 à 70 % de leur poids adulte (Shelton, 1978). Chez la vache laitière, il a été rapporté que les vaches les plus productives seraient celles qui mettaient bas le plus tôt (Mourits et al., 1999, Cooke & Wathes, 2014). Il n'existe pas à notre connaissance de validation scientifique de ces recommandations dans les conditions d'élevages caprins typiques au Québec ni même en Amérique du Nord.

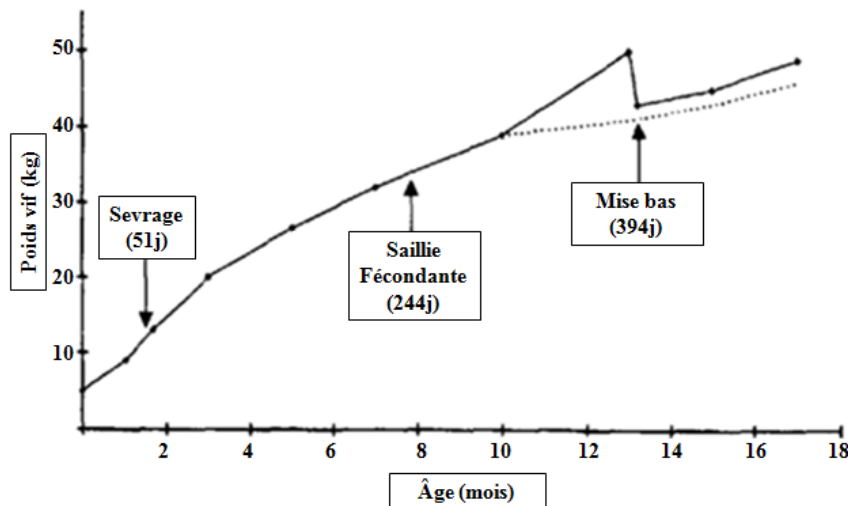
# CHAPITRE 1 : recension de la littérature

## 1.1 La croissance de la chevrette laitière

Afin de suivre la croissance des chevrettes (chèvre femelle en croissance), et de s'assurer que celles-ci atteignent les poids visés, l'Institut de L'Élevage de France a publié en 2014 un guide pour optimiser la croissance des chevrettes laitières de la naissance jusqu'à la mise bas (Piedhault et al., 2014). Faute de données québécoises, cette ressource est souvent utilisée par les spécialistes qui conseillent les producteurs caprins du Québec. D'ailleurs, la Société des Éleveurs de Chèvres Laitières de Races du Québec (SECLRQ) en collaboration avec Valacta et le Ministère de l'Agriculture et de l'Agroalimentaire du Canada, a produit une fiche s'intitulant « Guide d'élevage de la chevrette laitière : suivez la tendance » résumant les objectifs de croissance des chevrettes laitières basées sur ces recommandations françaises.

### 1.1.1 Courbes de croissance

Une courbe de croissance est la représentation graphique d'une équation mathématique permettant de prédire un poids selon l'âge. Dans le cadre de son mémoire de fin d'étude, Lictévout (1992) a présenté une courbe de croissance pour la chèvre Alpine et Saanen (voir Figure 1).



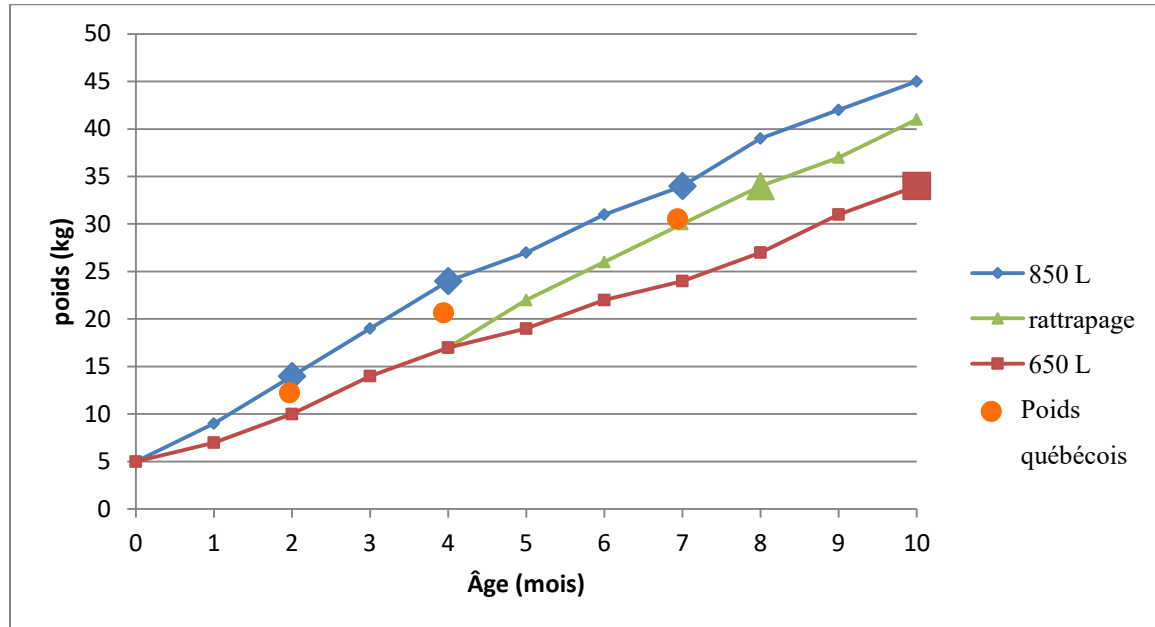
**Figure 1 :** Courbe de croissance de 392 chevrettes de race Alpine et Saanen de la naissance à 5 mois de lactation, adaptée de (Lictévout, 1992), paru dans (Morand-Fehr et al., 1996). (Autorisation de publication par Lictévout, 2016).

La figure 1 est, en fait, une courbe de croissance moyenne élaborée à partir de mesures faites sur 392 chevrettes de races Alpine et Saanen provenant du troupeau expérimental de l'institut national de recherche en agriculture Agro-Paristech de Grignon (Lictévout, 1992). En 1996, Morand-Fehr a utilisé cette courbe pour établir des poids cibles à 7 mois, poids qui visent à optimiser la croissance des chevrettes. Il est parvenu à un poids cible variant entre 34 et 36 kg. Récemment en 2014, un groupe de 7 auteurs, incluant Lictévout (figure 1), ont publié pour l'Institut de l'Élevage la plus récente version améliorée de la courbe de croissance (Piedhault et al., 2014). En effet, les auteurs ont lié des objectifs de production laitière en fonction de la courbe de croissance (figure 2). Il semble que le poids atteint à l'âge de 7 mois aurait un impact sur la production de lait. Les chèvres qui maintiennent la plus haute courbe de croissance peuvent viser une production de 850 litres, tandis que les plus légères n'auraient une projection moyenne que de 650 litres par année, soit près de 24 % moins de lait comparativement à leurs comparses lourdes (figure 2). Chez les chevrettes qui maintiennent une courbe de croissance faible, par exemple la ligne rouge sur la figure 2, un retard de près de 3 mois peut être observé dans l'entrée en reproduction, c'est-à-dire au moment où son poids atteint 34kg.

Bien que ces courbes de croissance et les poids cibles n'aient pas été validés chez les chevrettes québécoises, ni même nord-américaines, ces objectifs semblent être les seules valeurs de base sur lesquels les professionnels peuvent s'appuyer pour émettre des recommandations aux producteurs. Les organismes gouvernementaux tels que le CRAAQ (Méthot & Marier, 2016) recommandent l'utilisation des courbes de croissances publiées par l'Institut de l'Élevage (Piedhault et al., 2014).

Au Québec, Doizé et al. (2013) ont effectué une étude portant sur la croissance des chevrettes laitières chez plus de 2000 animaux et en ont modélisé la courbe de croissance avec un terme quadratique. Effectivement, tel qu'illustré dans la figure 2, à 2, 4 et 7 mois, les poids moyens estimés selon la courbe de croissance des chevrettes québécoises étaient de 13,1; 21,0 et 30,0 kg comparativement à 14,0; 24,0 et 34,0 kg pour les recommandations françaises de poids cibles (Doizé et al., 2013, Piedhault et al., 2014). Donc, les chevrettes québécoises auraient tendance à suivre une courbe de

croissance légèrement inférieure à celle suggérée par Piedhault et al. (2014) pour atteindre la production laitière de 850 litres par année tout en étant supérieure à la courbe de croissance menant à un objectif de 650 litres de lait produit.



**Figure 2:** Courbes types de croissance de la chevrete laitière, adapté de Piedhault et al. (2014). La ligne bleue représente une courbe de croissance liée à un objectif de production laitière de 850L par année et la ligne rouge un objectif de production de 650L qui, selon les auteurs est la production minimale requise pour rentabiliser la chèvre. La ligne verte représente un objectif de production intermédiaire et dont le retard de croissance peut être rattrapé [adapté de Piedhault et al. (2014)]. Les ronds oranges représentent les données québécoises selon Doizé et al. (2013).

Mise à part la courbe proposée par Piedhault et al. (2014), plusieurs courbes existent chez la chèvre dont une en Tunisie et l'autre au Brésil (Gaddour et al., 2012, Regadas Filho et al., 2014). Cependant la courbe de croissance de Gaddour et al. (2012) ne semble pas pouvoir s'appliquer aux chevrettes québécoises puisque les poids maximaux atteints sont d'environ 15 kg à l'âge de 7 mois (29 semaines). Regadas Filho et al. (2014) ont quant à eux proposé des modèles statistiques étudiant la relation entre l'âge et le poids des chevrettes de race Alpine et Saanen au Brésil. Visuellement, les graphiques s'apparentent à celui de Piedhault et al. (2014), avec une courbe de croissance avec une asymptote horizontale avec des poids maximaux (près de 60 kg) atteint vers l'âge de 3 ans. Il serait donc intéressant de valider les modèles statistiques proposés par

Regadas Filho et al. (2014) avec nos individus québécois. Bien que les courbes de Piedhault et al. (2014) soient largement diffusées par les institutions gouvernementales, la provenance des données et le modèle mathématique qui ont permis d'élaborer ces courbes ne sont pas disponibles.

L'étude de Regadas Filho et al. (2014) comparait les courbes de croissance des individus de races Alpine ou Saanen en mesurant les poids à l'âge de 1, 2, 4, 7 mois et une fois adulte. Ils ont observés que les deux races avaient un modèle de croissance significativement différent (voir tableau 1), ce qui explique la différence de poids à l'âge adulte. En effet, bien que la chevrette de race Alpine naisse plus légère que son homologue de race Saanen (Meza-Herrera et al., 2014), l'inverse des poids est noté à partir de 7 mois et se poursuit à l'âge adulte.

**Tableau 1 :** Comparaisons des poids (kg) des chevrettes de race Alpine et Saanen selon l'âge, adapté de Meza-Herrera et al. (2014) et Regadas Filho et al. (2014)

Race	n	naissance	Age			
			1 mois	2 mois	7 mois	adulte
Alpine	658	3,07	7,36	13,46	32,00	64,00
Saanen	498	3,05	7,39	13,51	35,00	70,00

### 1.1.2 La croissance compensatoire

#### 1.1.2.1 Description

En évaluant le poids de la chevrette aux moments clefs de son développement, soit à la naissance, au sevrage et à la mise à la reproduction, on peut comparer ce poids à la courbe de croissance visée et prendre des décisions en fonction de la croissance adéquate ou non de la chèvre. Si les poids cibles ne sont pas atteints, l'animal pourra être réformé, alors que si le retard de croissance est considéré récupérable, un ajustement dans la ration pourrait être envisagé. Chez le mouton, Villeneuve et al. (2010) ont démontré que les agnelles qui avaient eu une alimentation restreinte avaient, une fois que des rations « normales » leur étaient offertes, un gain moyen quotidien (GMQ) supérieur à celles qui avaient eu une ration non restreinte pour ainsi atteindre le même poids final. On pourrait émettre l'hypothèse qu'il est aussi possible, chez la chèvre laitière, de rattraper ce retard de croissance. C'est ce qu'on appelle la croissance compensatoire, définie

comme une croissance rapide qui compense une période de croissance ralentie ou arrêtée (Dashtizadeh & Monfared, 2011, Lawrence et al., 2012).

Suite à la période de restriction alimentaire, plusieurs mécanismes entrent en ligne de compte afin d'optimiser l'absorption des aliments (Hoch et al., 2003). D'abord, l'animal va augmenter sa consommation volontaire de matières sèches (CVMS); chez les bovins laitiers, on note une augmentation dans la CVMS variant entre 3 et 24 % selon les différentes études citées dans la revue de littérature de Hoch et al. (2003). De plus, lorsque l'alimentation n'est plus restreinte, l'efficacité de l'utilisation de l'énergie ainsi que la proportion de protéines retenues par l'animal à partir de l'alimentation sont accrues, ce qui favorise l'augmentation du rythme de croissance (Carsten et al., 1991, Hoch et al., 2003). De plus, durant la phase de réalimentation, l'insulinémie ainsi que le taux d'hormones thyroïdiennes se rétablissent pour revenir à une concentration favorisant ainsi l'anabolisme et conséquemment la croissance (Yambayamba et al., 1996, Istasse, 2000). Tous ces mécanismes, qu'ils soient hormonaux ou métaboliques, permettent que l'énergie et les nutriments soient redistribués afin de favoriser la croissance des animaux (Hoch et al., 2003).

Deux études ont montré que la croissance compensatoire était aussi possible chez les caprins à plusieurs périodes de leur croissance entre 7 et 12 mois (Dashtizadeh & Monfared, 2011, Askar et al., 2015). D'autres études ont noté l'effet de la croissance compensatoire chez des chevrettes autour de la période du sevrage, c'est-à-dire entre l'âge de 40 et 75 jours (Sampelayo et al., 2003, Dashtizadeh et al., 2008, Dashtizadeh & Monfared, 2011). L'efficacité de la croissance compensatoire a cependant des limites. Wilson & Osbourn (1960) ont noté plusieurs facteurs affectant la croissance compensatoire, dont la nature de la diète restrictive, la durée de la sous-alimentation, l'importance de la sous-alimentation et le stade de développement auquel se trouve l'animal lors de la restriction alimentaire. En France, Morand-Fehr et al. (1996) recommande donc de réformer tout animal n'ayant pas atteint 30 kg à l'âge de 7 mois. Il semblerait que sous ce seuil, le retard de croissance ne puisse être récupéré. Cependant, ces recommandations n'ont à ce jour jamais été validées au Québec.



La croissance compensatoire peut également se développer de façon normale chez les portées multiples. En effet, les chevreaux provenant de portées multiples ont un GMQ plus élevé afin d'atteindre le poids visé au sevrage qui est le même soit 15 kg selon Piedhault et al. (2014), peu importe la taille de la portée. D'ailleurs, dans l'étude de Meza-Herrera et al. (2014), on rapporte que la taille de la portée n'a pas d'effet significatif sur le poids au sevrage (voir tableau 2).

**Tableau 2 :** Poids moyens (kg) à la naissance et au sevrage de plus de 17 000 chevreaux mâle et femelles majoritairement de race Alpine ou Saanen selon la taille de la portée, adapté de Meza-Herrera et al. (2014).

Taille de la portée	Poids moyen $\pm$ erreur-type (kg)	
	Naissance	Sevrage
1	3,19 $\pm$ 0,01	13,34 $\pm$ 0,36
2	2,86 $\pm$ 0,00	13,13 $\pm$ 0,36
3	2,61 $\pm$ 0,01	13,41 $\pm$ 0,43

### 1.1.3 Les différents facteurs pouvant influencer le poids à la naissance

Le poids à la naissance étant le point de départ de la courbe de croissance, il est primordial de déterminer ce qui l'influence afin de comprendre les différences de poids possible entre les différents caprins. Tout comme la croissance, le poids à la naissance peut être influencé par plusieurs facteurs qui peuvent être génétiques ou environnementaux (Andries, 2013, Doizé et al., 2013, Meza-Herrera et al., 2014, Parajuli et al., 2014, Protas et al., 2014).

#### 1.1.3.1 La race

Deux études récentes, une réalisée au Mexique par Meza-Herrera et al. (2014) sur 17 857 chevreaux de plusieurs races dont l'Alpine et la Saanen et l'autre au Québec par Doizé et al. (2013) sur 2 162 chevreaux de plusieurs races, incluant aussi l'Alpine et la Saanen, ont évalué l'effet de la race sur les poids à la naissance. Pour l'étude de Doizé et al. (2013), les poids à la naissance étaient en moyenne de 3,62  $\pm$  0,68 et 3,43  $\pm$  0,63 kg respectivement pour les races Alpine et Saanen. Selon cette étude, bien que l'écart ne soit pas significatif, les animaux de race Alpine auraient tendance à naître plus lourds que ceux de race Saanen. Dans l'étude de Meza-Herrera et al. (2014), la chevrette Alpine aurait aussi tendance à être plus lourde à la naissance que la race Saanen. Des poids de

respectivement  $3,07 \pm 0,01$  kg et  $3,05 \pm 0,01$  kg ont été observés pour la race Alpine et Saanen (Meza-Herrera et al., 2014).

#### ***1.1.3.2 La taille de la portée***

La compétition entre les fœtus pour les nutriments et l'espace utérin augmente avec le nombre de fœtus lors de la gestation, réduisant le poids de ceux-ci (Robinson et al., 1977, Lawrence et al., 2012). Conséquemment, les chevreaux de portée unique sont significativement plus lourds que les chevreaux issus de naissances gémellaires ou triples, tel que rapporté dans les études de Meza-Herrera et al. (2014) et de Doizé et al. (2013). Dans une étude menée aux États-Unis par Amoah et al. (1996) sur 608 chèvres et plus de 1100 chevreaux répartis dans une vingtaine de fermes et incluant plusieurs races dont la Alpine et la Saanen, chaque augmentation d'un chevreau par portée était associée à une diminution de poids de 0,45 kg par chevreau.

La taille de la portée est influencée par la race (Akpa et al., 2010, Hrbud et al., 2014, Meza-Herrera et al., 2014). En effet, certaines races sont plus prolifiques que d'autres, ce qui pourrait avoir un impact sur la taille de la portée et indirectement sur le poids à la naissance. Dans l'étude de Meza-Herrera et al. (2014), par exemple, la race nubienne, la Saanen et la Alpine avaient des tailles de portée moyenne de respectivement  $1,77 \pm 0,01$ ,  $1,57 \pm 0,01$  et  $1,58 \pm 0,01$ . Pour les races qui nous intéressent, soit la Saanen et l'Alpine, il n'y avait donc pas de différence significative entre la taille de portée moyenne par race (Hrbud et al., 2014, Meza-Herrera et al., 2014).

#### ***1.1.3.4 L'âge de la mère***

L'âge de la chèvre a un impact sur le poids à la naissance de ses chevreaux. Plusieurs études rapportent que les chevreaux issus de mères primipares, conséquemment plus jeunes, étaient significativement plus légers que ceux de mères multipares (Deribe Gemiyo et al., 2014, Hasan et al., 2014, Parajuli et al., 2014, Paul et al., 2014). L'étude québécoise de Doizé et al. (2013) rapporte également cette association. Les primipares donnaient naissance à des chevreaux significativement plus légers que les multipares avec un poids moyen et des erreurs types de respectivement  $3,35 \pm 0,03$  kg comparativement à  $3,49 \pm 0,03$  kg,  $3,66 \pm 0,04$  kg,  $3,67 \pm 0,05$  kg et  $3,62 \pm 0,05$  kg pour les chèvres étant à leur deuxième, troisième, quatrième et cinquième mise bas. On

remarque que le poids des chevreaux augmente graduellement de la première à la troisième lactation, mais reste stable par la suite. Il est à noter que les chèvres vont généralement atteindre leur poids adulte vers la fin de la deuxième lactation, donc vers l'âge de 32 à 34 mois (Morand-Fehr et al., 1996). Il semble donc que l'atteinte du poids maximal des chevreaux correspondrait au moment où la chèvre atteint elle-même son poids adulte.

Chez les bovins et les ovins, de nombreuses études ont aussi montré que les nouveaux nés des primipares sont significativement plus légers que ceux des pluripares (Morris et al., 2010, Ungerfeld et al., 2011, Singh et al., 2013, Albial et al., 2014, Deribe & Taye, 2014, Fiems & Ampe, 2015). Cette différence pourrait notamment être causée par la demande énergétique qui est partagée entre la croissance de la mère qui n'a pas encore atteint sa taille adulte lors de sa première gestation et les fœtus, ce qui induit un poids plus faible à la naissance pour les chevreaux. Luther et al. (2007) ont d'ailleurs démontré chez le mouton que les besoins nutritionnels de l'agnelle gestante et des fœtus étaient étroitement liés. En effet, quand la brebis primipare gestante était sous-alimentée (70 % de la ration normale), l'apport nutritionnel fœtal était compromis en plus d'altérer les réserves corporelles de la mère. Cela avait pour conséquence de ralentir la croissance des tissus mous chez le fœtus (Luther et al., 2007). Pour éviter des problèmes de croissance tant chez la mère que ses fœtus, il faut donc s'assurer que les besoins nutritionnels de tous soient comblés en tenant compte des besoins pour la croissance fœtale et maternelle et indirectement d'atteindre un minimum de croissance avant la saillie (Morand-Fehr et al., 1996).

L'âge de la mère a aussi un effet indirect sur le poids à la naissance puisqu'en plus d'avoir des chevreaux de plus faible poids, les primipares auraient aussi des tailles de portée plus petites que les pluripares. Meza-Herrera et al. (2014) ont rapporté que la taille de portée de chèvres qui étaient à leur première mise bas était significativement plus petite que pour les autres (moyenne de 1,28 vs 1,70,  $p < 0,01$ ). Cette association a aussi été mentionnée par Hagan et al. (2014) chez la race naine ouest-africaine. La taille de portée des primipares était significativement ( $p < 0,05$ ) plus faible avec 1,52 animal par portée comparativement à 1,99 à 2,43 pour les gestations subséquentes (Hagan et al., 2014).

#### ***1.1.3.5 La saison de naissance***

Quelques études rapportent que la saison de mise bas influencerait le poids à la naissance des chevreaux. Au Mexique, une étude sur plus de 17 000 chevreaux a rapporté que le poids à la naissance variait significativement selon les saisons, étant en moyenne de 2,81 kg en été, 2,90 kg au printemps, 2,93 kg à l'automne et 2,91 kg en hiver (Meza-Herrera et al., 2014). Cependant, rendues à l'âge de 3 mois, ces chevreaux n'avaient d'écart significatif entre leurs poids selon la saison de naissance. En effet, ceux-ci avaient des poids moyens de 14,24 kg en été, 12,78 kg au printemps, 13,13 kg à l'automne et 13,04 kg en hiver (Meza-Herrera et al., 2014). Une autre étude, cette-fois ci au Kenya, chez plus de 2000 chevreaux mâles et femelles, a démontré que le GMQ était significativement associé non seulement à la taille de la portée, mais aussi à la saison de naissance (Choupamom et al., 2015). Dans ces deux études, il n'est pas mentionné si l'alimentation, soit des mères ou des chevreaux variait selon la saison. Ainsi, il est possible que l'effet de la saison sur le poids à la naissance soit confondu avec les pratiques de régie liées à l'alimentation qui contrebalanceraient l'effet de la saison de naissance sur la croissance globale de la chevrette.

Les mécanismes expliquant ces variations saisonnières n'ont pas été clairement établis. À ce jour, il n'y a pas d'étude reliant la saison de naissance au poids des chevreaux nouveau-nés au Québec. Bien qu'au Québec, les chèvres laitières soient élevées principalement à l'intérieur, les saisons pourraient aussi avoir un impact sur la gestion et le poids à la naissance des chevrettes : en hiver les bâtiments doivent être chauffés et la ventilation est alors réduite, tandis que l'été peut apporter des stress thermiques. Cependant, ces hypothèses sont basées sur des observations terrains, et plus d'études seraient donc nécessaires pour évaluer l'effet des saisons sur la productivité des chèvres laitières québécoises.

#### ***1.1.3.6 Le sexe du chevreau***

Les chevreaux mâles sont plus lourds que les femelles. Ainsi, Meza-Herrera et al. (2014) ont noté une différence significative du poids moyen à la naissance, selon le sexe, qui était de 3,00 kg pour les mâles par rapport 2,77 kg, à pour les femelles. Hagan et al. (2014) ont également observé que les mâles sont plus lourds à la naissance que les

femelles avec des poids de respectivement 1,25 et 1,15 kg. De telles données sont absentes au Québec, mais l'on peut supposer que la variation des poids selon le sexe suit la même tendance, peu importe la localisation géographique, comme c'est le cas pour les autres ruminants (Kamal et al., 2014, El-Nazeir et al., 2015, Striga et al., 2015).

#### ***1.1.3.7 Autres facteurs***

De nombreux autres facteurs peuvent influencer le poids à la naissance. Ainsi, on remarque que les poids à la naissance sont toujours numériquement plus élevés dans l'étude effectuée par Doizé et al. (2013) au Québec par rapport à celle de Meza-Herrera et al. (2014) au Mexique, et ce, même s'il s'agit des mêmes races. Il est possible que le gabarit des chèvres d'une même race puisse varier selon la région géographique en raison de différences dans les lignées génétiques ou autres facteurs environnementaux. Il est également possible que l'on doive distinguer les races selon leur localisation. Cependant, on ne peut pas vérifier formellement cette hypothèse, car d'autres facteurs liés à la région et à l'alimentation diffèrent entre ces deux études.

Il est difficile de comparer les poids de chevrettes d'une même race selon le pays d'élevage de celles-ci, car les données des poids à la naissance sont assez rares. Dans la littérature française, les données les plus récentes datent de 1981 alors que les données québécoises datent de 2013 (Morand-Fehr, 1981, Doizé et al., 2013). D'après ces études, les chevrettes Alpines françaises seraient plus lourdes d'environ 300g, mais cette information doit être interprétée avec prudence puisque plus de 30 ans séparent les deux publications.

#### **1.1.4 Le sevrage**

Luparia et al. (2009) ont rapporté qu'un sevrage précoce avait un impact négatif sur la croissance et la mortalité des chevreaux pendant la période de la naissance à l'âge de 60 jours. Dans cette étude, 82 chevreaux ont été distribués aléatoirement dans deux groupes. Ils recevaient 1,5 litres de lait par jour jusqu'au moment du sevrage, qui était imposé à 36 jours (sevrage précoce) pour le premier groupe, contre 60 jours (sevrage traditionnel) pour le deuxième groupe. Les chevreaux sevrés précocement avaient un GMQ total significativement inférieur à ceux sevrés traditionnellement (77 vs 100 g/j) et un taux de mortalité aussi plus élevé (26 % vs 12 %). Bien qu'un sevrage hâtif puisse

réduire les dépenses en poudre de lait commercial, celui-ci a un impact direct sur la croissance et la mortalité des chevreaux et n'est donc pas souhaitable.

La relation entre le poids au sevrage et l'âge à laquelle l'animal est sevré aurait un lien direct avec l'âge où le poids visé pour la mise à la reproduction est atteint. En effet, selon l'étude de Palma & Galina (1995), où le poids visé de 76 chevrettes de race Alpine et Saanen pour la mise à la reproduction a été fixé à 30 kg, les chevrettes sevrées à un poids de 10 kg atteignaient le poids visé près d'un mois plus tôt que celles sevrées à 15 kg (6 mois vs 7 mois).

## 1.2 L'effet de la régie des troupeaux sur la croissance des chevrettes

### 1.2.1 Le colostrum

Les chevreaux, comme tous les ruminants nouveau-nés, sont agammaglobulinémiques à la naissance (Godden, 2009). Cela signifie qu'ils n'ont pas d'anticorps à la naissance pour combattre les agents pathogènes, ce qui les rend extrêmement vulnérables aux différents agents infectieux (Rabbani et al., 1990, Sherman et al., 1990, Constant et al., 1994, Castro et al., 2009). Il est donc primordial que ceux-ci ingèrent la première sécrétion mammaire, le colostrum. Le colostrum est sécrété par la mère durant les dernières semaines de gestation, puis excrété par le pis durant les 36 premières heures suivant la mise bas (Barrington et al., 2001). Le colostrum diffère du lait par sa concentration élevée en matières grasses, en protéines, en minéraux et en vitamines (tableau 3).

**Tableau 3:** Tableau comparatif du colostrum et du lait de chèvre (adapté de (Gueguen, 1997, Moreno-Indias et al., 2012, Hodulova et al., 2013, Michlova et al., 2015, Brunelle, 2016)

Composante	Colostrum	Lait
Matière sèche (%)	21,32	11,6-13,4
Protéines (%)	10,24	3,29
Matières grasses (%)	7,73	3,48
Calcium (mg/kg)	1579	1260
Phosphore (mg/kg)	1400	970
Magnésium (mg/kg)	85,77	130
Vitamine A (mg/kg)	2,5-52,9	0,84-1,35
Vitamine E (mg/kg)	0,7-33,7	0,97-2,26

Parmi les protéines du colostrum, les immunoglobulines forment l'une des composantes les plus importantes en permettant un transfert d'immunité passive pour le chevreau et indirectement en favorisant sa croissance, notamment en réduisant la morbidité et la mortalité. Le colostrum de la mère est très riche en immunoglobulines, principalement les immunoglobulines de la classe G (IgG). En effet, la concentration en IgG dans le colostrum varie généralement entre 100 et 128 g/L et peut aller jusqu'à 140 g/L (Lerias et al., 2014).

Les immunoglobulines ne peuvent pas traverser le placenta chez les ruminants, ce qui explique que les chevreaux soient agammaglobulinémiques à la naissance. Par contre, ces IgG peuvent être absorbés grâce à la perméabilité temporaire de l'intestin durant les heures suivant la naissance (Godden, 2009). Il faut donc que le chevreau ingère rapidement le colostrum afin d'acquérir cette immunité passive. Pour que le transfert d'immunité passive (TIP) soit optimal, il faut que le colostrum soit offert le plus rapidement possible après la mise bas. En effet, chez le veau, l'efficacité d'absorption d'IgG par l'épithélium de la paroi intestinale est optimale durant les 4 premières heures de vie et diminue progressivement après 6 heures pour être pratiquement nulle après 36 heures (Godden, 2009). Cependant, la littérature scientifique, à ce jour, ne recense pas d'études chez les caprins mentionnant la période précise de perméabilité de la paroi intestinale permettant l'absorption d'IgG. D'ailleurs, il n'y a pas d'études chez les caprins qui pourraient démontrer que l'absorption des IgG se ferait différemment de chez les bovins.

Chez les agneaux, Corbière et al. (2013) rapportent qu'en plus de permettre un TIP, le colostrum a aussi un rôle nutritif dès la naissance. La forte teneur en matière grasse (MG) du colostrum apporte l'énergie nécessaire à l'alimentation et la thermorégulation du nouveau-né (Corbière et al., 2013).

Chez les bovins, Godson et al. (2003) rapportent qu'en plus des immunoglobulines et de l'énergie contenue dans le colostrum, celui-ci contient aussi d'autres nutriments favorisant le développement du veau à court terme, mais aussi à plus long terme. En effet, le colostrum contient des facteurs de croissance et de nombreuses enzymes qui ont une activité antimicrobienne non spécifique, donc à large spectre (Godson et al., 2003). Donc,

en plus d'apporter un support immunitaire, le colostrum est aussi une source riche en énergie, en facteurs de croissance et en hormones. Le colostrum contient donc des facteurs antimicrobiens (immunoglobulines, lysozymes, lactoferrine, lactoperoxydase et des cytokines), des nutriments (matières grasses, protéines, lactose, vitamines et des minéraux) ainsi que des facteurs de croissance et des hormones (facteurs de croissance de l'insuline de type I et II, facteur de croissance épidermique, facteur de croissance de type  $\beta$ , hormones de croissance et de l'insuline) (Godson et al., 2003).

Il est classiquement recommandé d'offrir du colostrum aux chevreaux pendant au moins les 12 premières heures de vie afin de viser l'ingestion d'un volume total représentant 10 % du poids de l'animal (Guerrault & Ouin, 1990). Cette proportion est aussi recommandée chez les veaux de vaches laitières (Godden, 2009). Par contre, Guerrault & Ouin (1990) ne mentionnent pas l'origine de cette valeur de 10 % recommandée pour les caprins; il semblerait que ce soit par analogie avec les recherches faites chez les bovins.

La concentration en IgG du colostrum est reconnue comme un facteur influençant l'efficacité du transfert d'immunité passive. Chez la vache, un colostrum de qualité doit contenir au moins 50 g d'IgG par litre de colostrum (Godden, 2009). Chez les caprins, les résultats d'une étude menée dans le cadre d'une thèse de doctorat vétérinaire en France fournissent certaines pistes quant à la concentration idéale d'IgG dans le colostrum caprin (Chaigneau, 2012). Dans cette étude, 65 chevrettes de race Alpine ou Saanen, toutes du même troupeau, ont été séparées de leur mère moins de 2 heures après la naissance puis ont reçu 250 mL de colostrum. Un échec du TIP était défini comme une concentration sérique en IgG égale ou inférieure à 10 mg/L. Parmi les individus ayant ingéré du colostrum avec < 20 g IgG/L, seulement 10 % présentait un TIP réussi, contre 47 % pour ceux ayant ingéré du colostrum ayant 20 et 40 g IgG/L et 85% lorsque le colostrum comportant > 40 g IgG/L (Chaigneau, 2012). Dans ce cas, il serait prudent de viser une concentration minimale de 40 g IgG par litre de colostrum ou d'augmenter le volume de colostrum administré afin d'augmenter les chances de succès du TIP chez les caprins de races Alpine ou Saanen.



### ***1.2.1.1 L'impact du colostrum sur la croissance et la survie***

Arguello et al. (2004) ont observé que la mortalité serait étroitement liée, mais inversement proportionnelle, à la concentration sanguine d'immunoglobulines de type G totaux (IgG) des chevreaux. En effet, ceux qui ont vécu jusqu'à la fin de l'étude (84h) avaient une concentration sérique de IgG significativement plus élevée que ceux qui étaient morts avant la fin de l'étude. Cependant, cette étude ne rapporte pas d'éventuels facteurs confondants menant à une mauvaise prise colostrale; dystocies ou autres conditions comme la prématurité ou la faiblesse des chevreaux.

Une étude française sur 7085 chevreaux de races Alpine et Saanen répartis dans 6 troupeaux expérimentaux en 1984 a rapporté que, parmi les chevreaux ayant été privés de colostrum, 94% de ceux-ci mouraient dans les 48 premières heures de vie (Morand-Fehr, 1984).

Chez l'espèce bovine, Windeyer et al. (2014) ont réalisé une étude observationnelle portant sur les 3 premiers mois de vie de 2874 génisses provenant du Minnesota et de l'Ontario. À la lumière des résultats de l'étude, il a été estimé qu'au moins 20 % des cas de pneumonie chez les veaux auraient pu être évités en améliorant le TIP (Windeyer et al., 2014). Selon cette étude, il semblerait que la réussite du TIP qui engendre un système immunitaire plus résistant aux pathogènes, ait un impact positif sur la croissance des bovins dans les 3 premiers mois de vie des génisses (Windeyer et al., 2014). Toujours chez les bovins, DeNise et al. (1989) ont démontré que la concentration sanguine en IgG, 24 à 48 h après la naissance était associée à la quantité de lait produite et au taux de matières grasses en première lactation. Chez la chèvre, Massimini et al. (2007) ont publié une étude en Italie mettant en lien la concentration en IgG sanguines et le GMQ présevrage (30 jours). Ils ont conclu que chaque augmentation de 1 mg/mL d'IgG augmentait significativement le GMQ de 0,005 kg/j (Massimini et al., 2007). Si on prend en exemple un individu qui avait une concentration sérique de 25,0 mg/ml et un autre individu de 35 mg/ml d'IgG, l'écart de poids, 30 jours plus tard serait de 1,5 kg.

Ainsi, le colostrum est non seulement nécessaire au développement du système immunitaire dès la naissance, mais il a aussi un impact significatif sur la croissance et conséquemment sur la productivité des animaux. Par contre, chez la chèvre, il ne semble

pas y avoir d'études précisant l'impact de la quantité de colostrum ingéré sur la croissance à long terme.

### **1.2.2 L'écornage**

Dans des conditions de captivité, il est plus sécuritaire que les chèvres soient sans cornes, autant pour les animaux et les personnes qui les manipulent (Hodgkinson & Dawson, 2007, Alvarez & Gutierrez, 2010, Alvarez et al., 2015). Non seulement les chèvres avec cornes requièrent des mangeoires plus grandes, mais elles peuvent aussi briser les installations (Alvarez & Gutierrez, 2010). L'écornage devrait être pratiqué à partir de la troisième journée de vie jusqu'à l'âge de 3 semaines environ, car il semble que cette pratique soit moins traumatique en bas âge (Hodgkinson & Dawson, 2007, Alvarez & Gutierrez, 2010).

La douleur peut être mesurée par certains indicateurs indirects, incluant la concentration sanguine de cortisol, et par les changements dans la fréquence de certains troubles comportementaux tels que les vocalisations et les coups de pieds. Chez la vache, le niveau de cortisol sanguin augmente radicalement et reste élevé durant quatre à cinq heures suite à l'écornage (Morisse et al., 1995, McMeekan et al., 1998a, McMeekan et al., 1998b, Sylvester et al., 2004). Selon Alvarez & Gutierrez (2010), la réponse à la douleur serait similaire chez la chèvre. Ainsi, le niveau de cortisol sanguin demeurerait élevé durant quatre à cinq heures suite à l'écornage, comme chez la vache (Alvarez & Gutierrez, 2010). Une seconde étude réalisée par Alvarez et al. (2015) supporte qu'il y ait une augmentation de la douleur et de l'inconfort suite à l'écornage.

Il y a un consensus dans la littérature scientifique quant au fait que l'écornage soit une manipulation douloureuse et stressante pour les animaux, que ce soit chez les vaches ou les chèvres (Mosher et al., 2013, Stock et al., 2013, Gendreau, 2014, Alvarez et al., 2015, Bates et al., 2015). Plusieurs protocoles sont proposés dans la littérature pour minimiser les conséquences de cette procédure. Sachant que cette procédure est douloureuse, il est probable que les animaux qui subissent un écornage sans aucune anesthésie locale, ni sédatif ou anti-inflammatoire vont vivre un stress plus grand et peut-être moins s'alimenter. La littérature scientifique ne semble pas rapporter à quelle fréquence ces techniques de gestion de la douleur sont pratiquées au Québec. À ce jour,

aucune étude n'est disponible concernant l'effet de l'écornage sur la croissance des chevrettes laitières. Cependant, L'impact de l'âge au moment de l'écornage, devrait être étudié, car la douleur serait plus importante chez les animaux plus âgés (Stock et al., 2013) en plus d'avoir des conséquences plus néfastes sur le GMQ des animaux.

### **1.2.3 L'alimentation post-sevrage**

#### ***1.2.3.1 Généralités***

Chez la chèvre laitière, tout comme chez la vache, une croissance lente serait indiquée afin de prévenir le dépôt excessif de gras comparativement aux animaux destinés au marché de la viande, où l'atteinte rapide du poids de vente est bénéfique. Un GMQ d'environ 175 g/j est alors recommandé chez la chevrete laitière comparativement à près de 300 g/j pour les agneaux (NRC, 1985, Blome et al., 2003, Bartlett et al., 2006, NRC, 2007).

Chez la vache laitière, Lohakare et al. (2012) ont fait une revue de littérature rassemblant près de 100 études portant sur l'effet d'une alimentation riche en énergie et le développement de la glande mammaire. Dans les semaines précédant la puberté, la glande mammaire se développe de façon allométrique, c'est-à-dire que celle-ci se développe plus rapidement que le reste du corps (Lohakare et al., 2012). L'alimentation durant cette période est d'autant plus critique, car une alimentation trop riche en énergie va engendrer un dépôt de cellules graisseuses dans le pis, compromettant la croissance des cellules qui sécrètent le lait (Bowden et al., 1995, Lohakare et al., 2012). Pour les chevrettes de boucherie, les impacts négatifs liés au dépôt de gras dans la glande mammaire engendrés par une ration riche en énergie sont mineurs si celles-ci ne sont pas destinées à la reproduction, tout en permettant un meilleur GMQ. Par contre, pour la vache et la chèvre laitière ou allaitante, le développement adéquat du pis est essentiel afin de maximiser la production de lait, d'où l'importance de favoriser une croissance lente chez ces deux espèces. Chez la vache laitière, Albino et al. (2015) ont démontré que pour éviter un dépôt excessif de gras dans la glande mammaire, le ratio de PB:ME (protéines brutes : énergie métabolisable) de l'alimentation des taures autour de la période de la puberté, ne devrait jamais être inférieur à 58,6 g/Mcal.

Pour une chevrette laitière en croissance, selon le *National Research Council* (NRC, 2007), l'alimentation devrait offrir entre 95 et 131 g/j de protéines brutes et de 1,8 à 2,9 Mcal/j d'énergie métabolisable entre 15 et 40 kg de poids vif. Cela correspondrait à un ratio PB:ME variant entre 45,2 et 52,7g/Mcal, légèrement inférieur à celui recommandé chez la vache laitière (Albino et al., 2015). Ainsi, un objectif de GMQ d'environ 150 g/j devrait pouvoir être atteint (NRC, 2007). Selon l'analyse du fourrage, une moulée ou des concentrés peuvent être offerts pour combler ces besoins. Pour permettre le fonctionnement normal du rumen, la consommation d'un minimum de fibres alimentaires est nécessaire; cependant, aucun consensus précis ne semble avoir été fait concernant la nature, la qualité et la quantité de fibres alimentaires nécessaires pour le bon fonctionnement du système digestif caprin. Sauvante et al. (2012), en France, ont mis à jour les recommandations alimentaires des caprins laitiers. Les besoins nutritionnels, incluant les besoins en fibres, varient grandement selon le poids vif de l'animal, qui varie d'ailleurs tout au long de la vie en fonction de la quantité de lait produite et du statut de production de l'animal; la croissance, la gestation, la lactation et le tarissement tels que présenté dans le tableau 4 (Sauvante et al., 2012).

**Tableau 4:** Exigences nutritionnelles de la chèvre selon son stade de production. Adapté du *National Research Council* (NRC, 2007)

Stade de production	Poids vif (kg)	Gain g/j	CVMS (% de poids vif)	Énergie Métabolisable (Mcal/j)	Protéine brute g/j	Calcium g/j	Phosphore g/j
Croissance	15	150	3,8	1,8	95	5,0	2,3
	20	150	3,2	2,0	103	5,1	2,4
	25	150	3,8	2,3	111	5,5	2,8
	30	150	3,4	2,5	118	5,6	2,9
	35	150	3,2	2,7	125	5,7	3,0
	40	150	3,0	2,9	131	5,8	3,1
Entretien	60	-	2,0 – 2,5	2,58	86	2,4	2,0
Gestation	60	-	1,9 – 2,3	5,00	219	6,9	4,3
Lactation	60	-	-	-	-	-	-
Début lactation	60	-	4,8 - 5,4	5,80	150	10,9	7,3
Mi-lactation	60	-	4,0 - 4,5	4,88	132	10,3	6,7
Fin lactation	60	-	3,3 - 3,7	3,96	113	9,6	6,0

### ***1.2.3.2 Les coccidiostatiques***

La coccidiose est une pathologie du système digestif causé par un protozoaire qui se développe dans les cellules intestinales provoquant ainsi la malabsorption des nutriments et possiblement de la diarrhée (Andrews, 2013). La coccidiose est la principale maladie parasitaire qui affecte les chevrettes juste avant le sevrage, ce qui mène à d'importantes pertes économiques et de production puisque cette maladie peut engendrer la mort ou un retard de croissance chez les animaux affectés (Ruiz et al., 2012, Andrews, 2013). Les signes cliniques d'une coccidiose sont très variables, pouvant inclure un simple pelage terne, une perte de poids, une diarrhée sanguinolante ou la mortalité (Andrews, 2013). De plus, les adultes seraient résistants à la maladie, mais très fréquemment porteurs (Chartier et al., 1991, Andrews, 2013). D'ailleurs, au moins deux auteurs français rapportent que toutes les mères, du moins dans leurs études, étaient infestées, mais immunisées (Yvore et al., 1981, Chartier et al., 1991). Dans la littérature scientifique, il ne semble pas y avoir de données québécoises concernant l'impact de la coccidiose chez les caprins laitiers ni sur l'utilisation de coccidiostatiques. Cependant, Leboeuf (2016) rapporte que cette maladie serait la cause la plus fréquente de diarrhée chez les chevrettes qui sont âgées entre 3 semaines et 5 mois. De rares études ont été faites concernant l'utilisation de coccidiostatiques dans les rations pour les caprins (Andrews, 2013). L'une d'elles, datant de plus de 30 ans, mentionne que dans le lot de chevrettes dont un coccidiostatique a été administré dans la ration, chaque chevrete âgée entre 7 et 9 semaines était en moyenne plus lourde de 1 kg par rapport aux chevrettes du lot ne recevant pas de coccidiostatiques (Yvore et al., 1981). De plus, la différence entre les poids vifs des deux lots a persisté tout au long de l'étude, soit jusqu'à ce que les chevrettes atteignent l'âge de 16 semaines (Yvore et al., 1981). L'utilisation de ces produits pour prévenir et contrôler la coccidiose semble être basée principalement sur les études faites chez les ovins (McDougald & Dunn, 1978, Horton & Stockdale, 1981a, b, Spelman et al., 1989). De plus, plusieurs études tant chez les moutons que les chèvres, ont rapporté que l'utilisation de coccidiostatiques tels que le monensin et le décoquinate, aurait un effet bénéfique sur la conversion alimentaire des animaux traités en prévention. En effet, l'administration de ces produits augmenterait de 7 à 9 % l'efficacité de la

conversion alimentaire par rapport aux animaux non traités (Horton & Stockdale, 1981a, b, Beede et al., 1985, Su et al., 1993, Soodeen-Karamath & Youssef, 1999).

Pour prévenir la perte d'animaux ou le ralentissement de croissance causé par cette pathologie, l'administration de coccidiostatiques dans la ration des chevrettes pourrait donc être bénéfique en plus d'améliorer l'efficacité de la conversion alimentaire.

#### **1.2.4 Les maladies respiratoires**

Outre la coccidiose, les maladies pulmonaires, communément appelés pneumonies sont parmi les pathologies les plus communément observées chez les chevrettes. Les pneumonies enzootiques englobent une variété d'infections pulmonaires chez les animaux qui peuvent se développer suite à un stress (Brogden et al., 1998). La pasteurellose, une des infections pulmonaires les plus fréquemment observées affecterait tous les groupes d'âge que ce soit les adultes ou les nouveaux nés (Sanchis et al., 1991). Ces pneumonies ont un impact très important sur les élevages de petits ruminants puisque le taux de morbidité serait d'environ 50 % (Abadie & Thiery, 2006) et le taux de mortalité varierait en général entre 10 et 20 % (Abadie & Thiery, 2006, Smith & Sherman, 2009).

Les principaux signes cliniques de la pasteurellose sont la fièvre, les écoulements nasaux et oculaires mucopurulants, l'anorexie, l'apathie et la mort subite (Brogden et al., 1998, Abadie & Thiery, 2006, Leboeuf, 2016). Il ne semble pas y avoir de traitement homologué chez la chèvre au Québec. Cependant, un traitement symptomatique d'antibiotiques combinés à un anti-inflammatoire pourrait être efficace (Leboeuf, 2016). Malgré le traitement, le pronostic semble demeurer incertain : Brogden et al. (1998), ont noté que parmi les individus qui survivaient, certains guérissaient complètement alors que d'autres mouraient par après ou avaient des séquelles permanentes liées à l'atteinte des poumons.

Les pneumonies enzootiques étant des infections pulmonaires qui se produisent suite à un stress (la malnutrition, le transport, les changements drastiques de température, la tonte, la présence d'autres maladies comme la coccidiose, la densité animale, la

mauvaise ventilation et les taux élevés d'humidité), la gestion de ces facteurs de risques est donc primordiale pour prévenir le développement de cette pathologie (Knowles et al., 1995, Abadie & Thiery, 2006, Smith & Sherman, 2009, Leboeuf, 2016).

Bien qu'il ne semble pas avoir d'étude chez la chèvre portant sur les impacts directs possibles des troubles respiratoires sur la croissance des chevreaux, cette relation a été largement étudiée chez les ovins et les bovins. Récemment, McRae et al. (2016) ont réalisé une étude sur plus de 11 000 agneaux comparant le poids au sevrage et à l'abattage et ont noté une différence significative de GMQ selon le grade d'atteinte pulmonaire (voir tableau 5). Dans cette étude, les plus lourdement atteints (plus de 50 % d'atteinte d'au moins un lobe pulmonaire) avaient un poids significativement plus faible à l'abatage et un GMQ inférieur entre le sevrage et l'abattage comparativement aux agneaux sains. Goodwin et al. (2004) ont, quant à eux, rapporté une baisse de GMQ de 136 à 65 g/j chez les agneaux ayant des lésions sur au moins 20 % de la surface pulmonaire par rapport aux animaux sains. Dans les deux études, on remarque une baisse marquée du GMQ chez les animaux atteints. Bien que l'étude de McRae et al. (2016) note une différence significative de poids d'abattage d'environ 300 g, des différences de poids allant jusqu'à 1,5 kg ont été observées dans d'autres études (Kirton et al., 1976, Alley, 1987).

**Tableau 5 :** Différence de GMQ selon l'atteinte pulmonaire de 11 437 agneaux, adapté de McRae et al. (2016).

Atteinte pulmonaire	Poids d'abattage (kg)	GMQ (g/j)	
		Du sevrage à l'abattage	Moyen
Sains	18,1 ± 0,1 <sup>a</sup>	164,8 ± 1,7 <sup>a</sup>	219,7 ± 1,2 <sup>a</sup>
Atteints <sup>1</sup>	17,8 ± 0,2 <sup>b</sup>	148,8 ± 2,3 <sup>b</sup>	215,6 ± 1,6 <sup>b</sup>

<sup>1</sup>: au moins 1 lobe pulmonaire avait plus de 50% de lésions

<sup>ab</sup>: différence statistique significative entre sains et atteints (p<0,05)

Chez les bovins tant laitiers que ceux destinés à la boucherie, les résultats vont dans le même sens que chez les agneaux; les animaux atteints de pneumonie ont un GMQ inférieurs aux animaux sains. Lorsque l'on compare les études entre les bovins laitiers et de boucherie, on observe que le ralentissement de croissance serait moindre chez les bovins laitiers. En effet, chez les bovins de boucherie, la pneumonie engendrerait un

GMQ réduit de 76 g/j comparativement à 27 g/j pour les bovins laitiers (Virtala et al., 1996, Wittum et al., 1996). Cette différence serait directement liée à un objectif de croissance modéré comparativement aux bovins de boucherie (GMQ visé de 800 g/j chez les bovins laitiers vs 1 000 g/j chez ceux de boucherie) (Lefebvre et al., 2004, Bonneau, 2007). Sachant que chez la chevrette laitière, une croissance modérée est aussi recommandée (150 g/j) vs une croissance rapide chez les agneaux (300 g/j), on peut penser que les pneumonies affectent aussi la croissance des chevrettes, mais dans une moindre mesure que chez les agneaux de boucherie (NRC, 1985, 2007). Ainsi la différence de 16 g/j noté chez les agneaux entre les animaux sains et ceux atteints de pneumonie pourrait être moindre chez la chevrette laitière si on applique le même principe noté chez les bovins. Cependant, plus d'études seraient nécessaires pour valider cette hypothèse et pour quantifier le retard de croissance engendré par la pneumonie chez les chevrettes.

### **1.3 La reproduction de la chevrette**

#### **1.3.1 Généralités**

La chèvre est polyoestrienne saisonnière. Les chaleurs naturelles surviennent quand la luminosité du jour diminue donc à l'automne, et ce, environ tous les 21 jours et la durée de gestation moyenne de la chèvre est de 150 jours (Shelton, 1978, Baxter et al., 2016). Lors de période de noirceur, l'hypophyse sécrète de la mélatonine, qui en grande quantité va stimuler la production de l'hormone de libération de gonadotrophine hypophysaire (GnRH), précurseur de l'hormone folliculo-stimulante (FSH) et de l'hormone lutéinisante (LH). La FSH a pour but, comme son nom l'indique, de stimuler la croissance des follicules ovariens alors que la LH stimule l'ovulation et la maturation de ceux-ci (Shelton, 1978, Brice, 2003). Il existe plusieurs méthodes avec ou sans hormones synthétiques pour contrôler les cycles de reproduction et ainsi avoir des mises bas en contre-saison.

#### **1.3.2 Méthodes avec hormones synthétiques**

Les protocoles d'administration de progestatifs synthétiques sous formes orales ou d'implants vaginaux combinés ou non à des hormones de libération de la gonadotrophine



des juments gestantes (PMSG) seraient efficaces pour induire des chaleurs à des moments fixes chez la chèvre laitière (Zarrouk et al., 2001, Abecia et al., 2014). Chez la chèvre primipare, très peu d'études sont disponibles quant à l'efficacité et la fréquence d'utilisation de ces méthodes au Québec. Chez les agnelles, Stellflug et al. (1993) ont démontré que l'utilisation de progestérones synthétiques pouvait être efficace en contre-saison sexuelle. En effet, parmi les agnelles qui ont reçu un traitement hormonal comprenant une éponge vaginale, des injections de PMSG combiné à un effet bélier (voir effet bouc plus bas), 50 % de celles-ci atteignaient leur première mise bas comparativement à 0 % pour celles qui ont seulement été exposées à l'effet bélier (Stellflug et al., 1993). Cependant, cette étude date de près de 25 ans et n'a, à ce jour, jamais été validée chez la chèvre laitière.

### **1.3.3 Méthodes de contrôle sans hormones**

#### ***1.3.3.1 Contrôle de la photopériode***

Le cycle oestral de la chèvre est induit par le raccourcissement de la période de luminosité à l'automne (Baxter et al., 2016). Il est possible de recréer cet effet de façon artificielle, en contrôlant les cycles de luminosité dans les bâtiments où sont logées les chèvres, peu importe le moment de l'année. Plusieurs protocoles de photothérapies sont proposés dans la littérature. Ces protocoles varient premièrement selon le nombre de jours longs (JL : de 33 à 90 jours) comparativement aux jours courts (JC; de 45 à 90 jours), et deuxièmement, la durée de la période lumineuse durant les JL (de 16 à 18 h) ou les JC (de 8 h à la période lumineuse naturelle) (Malpaux et al., 1996, Chemineau et al., 1999, Wang et al., 2015). Malpaux et al. (1996) ont observé qu'une période de JL de 64 jours comparativement à 33 jours augmentait le taux de fertilité de 48 % à 71 %. De plus, 63 % des chèvres ovulaient comparativement à 10 % pour le groupe témoin (sans photothérapie). Trois ans plus tard, les mêmes auteurs rapportent que la période de JL devrait durer minimalement 2 mois et être suivie de 35-70 jours de JC (Chemineau et al., 1999). Chez les moutons, Cameron et al. (2010) ont établi un protocole de contrôle de la photopériode ayant pour but que chaque femelle ait 3 mises bas en 2 ans. Le protocole de base est simple, il s'agit de 4 mois de JL (16h de clarté) suivi de 4 mois de JC (8h). Environ 55 jours après le début des JC, l'introduction du bélier est fait et Cameron et al.

(2010) ont noté que les brebis cycloient dans près de 95% des cas moins de 10 jours suite à l'entrée du bélier, peu importe le moment de l'année. Parmi les brebis qui cycloient, les taux de fertilité variaient entre 70 et 100% selon le moment de l'année (Cameron et al., 2010). Ce type de contrôle de la photopériode semble donc efficace pour la brebis, mais ne semble pas avoir été validé chez la chèvre laitière ni sur les primipares. Des variantes de cette méthode ont été étudiées chez la chèvre laitière, mais jamais en Amérique du Nord. En effet, récemment à Taiwan, Wang et al. (2015) ont observé chez 1855 chèvres laitières que le traitement photopériodique (60 JL suivi de 45 JC) hors de la saison de reproduction avait induit des cycles oestriques chez 84.8 % des chèvres ayant été exposées au traitement. Cependant, l'effet bouc (voir section suivante) a été utilisé en combinaison avec la photopériode. Il est donc impossible d'évaluer l'effet que seule la photopériode aurait sur le cycle oestrique des chevrettes de cette étude. En France, l'efficacité du traitement de photopériode a été étudiée chez 312 chevrettes âgées d'au moins 6 mois (Gateff et al., 2003). Dans cette étude, 69 % des chevrettes avaient eu une saillie fécondante suite au contrôle de la photopériode (Gateff et al., 2003). À ce jour, il n'existe pas d'étude validant l'efficacité du contrôle de la photopériode chez les chevrettes laitières au Québec.

#### **1.3.3.2 L'effet « bouc »**

L'effet bouc se définit par une ovulation induite chez des chèvres adultes suite à l'introduction d'un bouc (Pellicer-Rubio et al., 2016). Il s'agit de présenter un mâle pubère aux femelles, duquel elles avaient été préalablement isolées. Les phéromones sexuelles alors dégagées par ce « nouveau » mâle pourraient ainsi déclencher un cycle oestrique. Récemment, en France, Pellicer-Rubio et al. (2016) ont mené une étude pour décrire la réponse ovulatoire de 765 chèvres adultes de race Alpine ou Saanen suite à l'introduction du bouc. Ces chèvres étaient en contre-saison, donc en anoestrus, et le contrôle de la photopériode était utilisé en plus de l'effet bouc. Après 13 jours de contact, de 80 à 100 % des chèvres ont ovulé comparativement à un taux d'ovulation généralement nul pour cette période de l'année.

Chez la chevrete, l'efficacité de l'effet bouc a aussi été étudiée (Gateff et al., 2003). Toujours en complément du contrôle de la photopériode et en contre-saison, l'effet

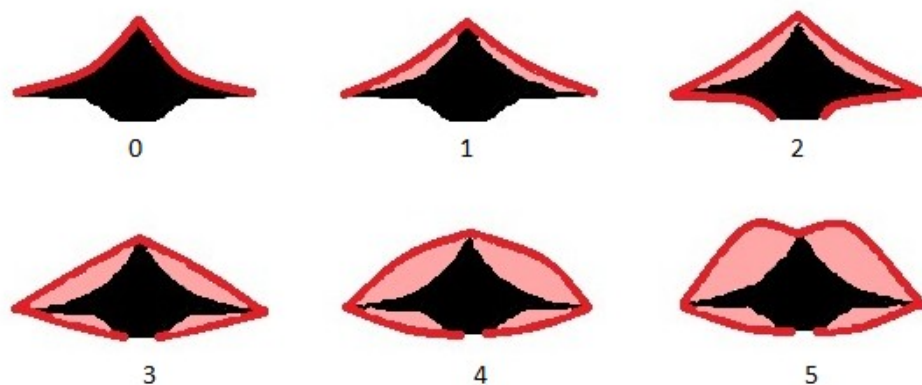
bouc aurait un impact positif sur la fertilité des chevrettes. En contre-saison, seulement 16 à 31 % des chevrettes avaient des cycles oestriques comparativement à 87 % pour celles qui ont bénéficié d'un traitement photopériodique en plus de l'effet bouc. De plus, dans 13 des 20 troupeaux à l'étude, le taux de fertilité était supérieur à 80 %. Les auteurs suggèrent que l'effet bouc peut ne pas avoir été optimal à cause des installations des producteurs, les boucs ne pouvaient être totalement isolés des chèvres avant leur introduction. Gateff et al. (2003) déduisent que le traitement photopériodique combiné à l'effet bouc est efficace pour déclencher la puberté, même en contre-saison.

### **1.3.4 Facteurs pouvant affecter la fertilité**

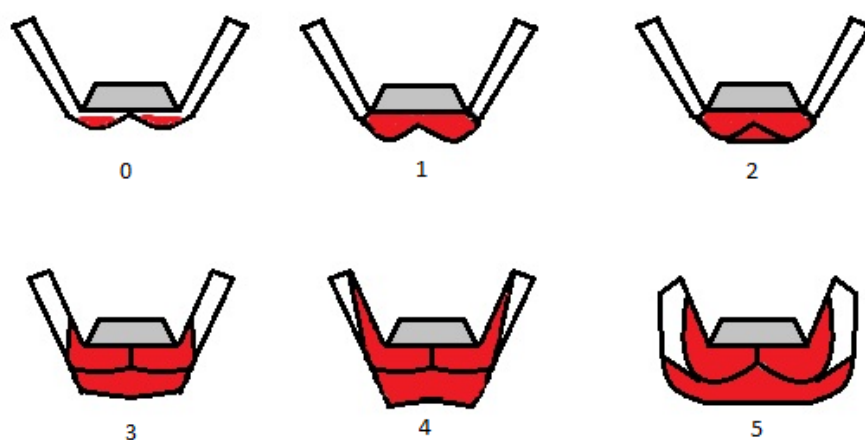
#### ***1.3.4.1 La note d'état corporel***

##### ***1.3.4.1.1 Généralités***

La note d'état corporel (NEC) est une échelle de mesure évaluant par palpation le dépôt de gras et la masse musculaire au niveau des vertèbres lombaires et du sternum (Morand-Fehr & Hervieu, 1999). Dans la production caprine, cette technique permet d'évaluer le statut nutritionnel des animaux et d'ajuster au besoin le programme alimentaire. Morand-Fehr et al. (1990) ont établi que les NEC obtenues par palpations lombaires et sternales étaient corrélées avec le pourcentage de lipides de la carcasse éviscérée, avec des coefficients de corrélation de respectivement 0,80 et 0,83 pour les NEC lombaire et sternale. Il s'agit d'une échelle ordinale de 0 à 5 permettant d'évaluer la masse adipeuse de l'animal (voir figures 3 et 4). Des demis ou quarts de points sont aussi utilisés (Morand-Fehr & Hervieu, 1999). Lors d'une perte de poids, les tissus adipeux lombaires vont être mobilisés en premier, ensuite ceux de la région sternale. Ce sont les seuls sites anatomiques où l'on retrouve des tissus adipeux sous-cutanés chez la chèvre (Morand-Fehr, 1989). La région sternale recouvre ses réserves adipeuses avant la région lombaire (Morand-Fehr, 1989). Il semblerait que la note la plus juste serait établie en faisant la moyenne entre la NEC sternale et la NEC lombaire selon l'expérience des auteurs (Morand-Fehr & Hervieu, 1999).



**Figure 3 :** Niveaux de note d'état corporel selon l'anatomie de la région lombaire chez la chèvre. Le rouge et le rose indiquent respectivement la peau et les dépôts de muscles et/ou de graisses au niveau des vertèbres lombaires (adapté de Doré et al. (2015) avec permission).



**Figure 4 :** Niveaux de note d'état corporel selon l'anatomie de la région sternale chez la chèvre. Le rouge indique les dépôts de muscles et de graisses au niveau du sternum (adapté de Doré et al. (2015) avec permission).

#### ***1.3.4.1.2 La note d'état corporel et la fertilité***

Plusieurs auteurs ont étudié le lien entre la NEC et la fertilité des chevrettes. Moeini et al. (2014) rapportent que les chevrettes ayant une NEC de 2.0 au moment de la mise à la reproduction avaient une concentration sanguine en FSH significativement plus faible que les chevrettes ayant une NEC de 2,5, 3,0 ou  $\geq 3,5$ , avec une concentration de  $2,54 \pm 0,10$  ng/mL comparativement à  $2,70 \pm 0,20$ ,  $2,95 \pm 0,13$  et  $2,93 \pm 0,13$  ng/mL respectivement. Durant la phase folliculaire du cycle sexuel caprin, la FSH est un des éléments essentiels au déclenchement de l'œstrus. Ainsi, les chèvres plus maigres produiraient moins de FSH retardant ainsi leurs premières chaleurs et conséquemment leur entrée en production. Mellado et al. (1997) ont, dans leur étude, utilisé une échelle de NEC de 1 (émacié) à 9 (gravement obèse) et ont d'ailleurs rapporté que les chevrettes qui étaient maigres ( $NEC \leq 3$ ), lors de la mise à la reproduction avaient un taux de mise bas de  $38,1 \% \pm 2,5$ , ce qui était inférieur ( $p < 0,01$ ) aux autres chevrettes qui avaient soit une NEC de 4 ( $50,3 \% \pm 1,8$ ) ou qui étaient grasses avec une  $NEC \geq 5$  ( $46,5 \% \pm 3,3$ ). Récemment, l'étude Gallego-Calvo et al. (2015) a montré que plus la NEC était élevée ( $NEC \geq 3,0$ ), plus la puberté était précoce. Effectivement, les chevrettes qu'ils avaient classifiées comme étant les plus grasses avaient leurs premières chaleurs près de 2 mois plus tôt que celles plus maigres ( $NEC \leq 2,5$ ).

Chez la chèvre adulte, la NEC jouerait aussi un rôle sur les cycles de reproduction. En Égypte, Youssef et al. (2014) ont rapporté que l'augmentation de la NEC diminuait l'intervalle entre les mises bas. En fait, chez la race Damascus, la période de reproduction, c'est-à-dire du début de la mise à la reproduction jusqu'à la saillie fécondante, était significativement plus courte pour les chèvres avec une NEC supérieure ou égale à deux. Les chèvres très maigres ( $NEC=1$ ) avaient un cycle de reproduction d'en moyenne 20,82 jours comparativement à 12,31, 10,17, 10,10 et 7,79 jours pour des NEC de respectivement 2, 3, 4 et 5 ( $p < 0,05$ ). En ayant une période de reproduction plus courte, la durée de la période entre 2 mises bas sera conséquemment plus courte, maximisant ainsi la productivité (Youssef et al., 2014).

En Amérique du Nord, il n'y a eu, à ce jour, aucune étude publiée reliant la NEC et la productivité des caprins. Les conseillers et les producteurs suivent donc les

recommandations européennes. En France, Morand-Fehr et al. (1996) recommande que lors de leur mise à la reproduction vers 7 mois, la NEC des chevrettes devrait se situer entre 2,75 et 3,00 avec un seuil minimal et maximal de respectivement 2,5 et 3,25. Cependant, ces objectifs de NEC n'ont jamais été validés sur des chevrettes québécoises et les études faites par ce groupe qui ont mené à ces recommandations ne sont pas disponibles.

#### **1.4 Impacts de l'âge à la première mise bas sur la productivité**

Bien qu'il existe très peu d'étude sur l'âge optimal de mise à la reproduction et indirectement sur l'âge à la première mise bas chez la chèvre laitière, les auteurs semblent être en accord que plus son poids est élevé à la puberté, plus la chevrete a de chance d'être productive (d'entrer en production jeune et de compléter une première gestation) (Morand-Fehr et al., 1996, Gaddour et al., 2012, Piedhault et al., 2014, Regadas Filho et al., 2014). Chez la vache laitière, Cooke & Wathes (2014) ont démontré que parmi les vaches mettant bas pour la première fois entre l'âge de 23 et 25 mois, 70 % atteignaient au moins 3 mises bas comparativement à seulement 50 % pour celles dont leur première mise bas survenait après l'âge de 30 mois. Plusieurs autres études chez les bovins laitiers démontrent qu'effectivement, l'âge à l'entrée en production est lié à la productivité de l'animal (Cozler et al., 2008, Lohakare et al., 2012, Heinrichs et al., 2013, Krpalkova et al., 2014, Duplessis et al., 2015, Sung et al., 2016). L'âge à la première mise bas n'est pas seulement lié à la productivité de l'animal, mais aussi à sa rentabilité. D'ailleurs, Pellerin & Gilbert (2008) mentionnent que chez la vache laitière, chaque mois d'élevage en moins diminue la période non productive et conséquemment, les coûts associés à l'élevage de la relève, ce qui représenterait environ 110 \$ par mois par génisse. Heinrichs et al. (2013) ont démontré, chez la vache laitière, que les meilleures performances économiques étaient liées aux plus faibles coûts d'alimentation. Cependant, les fermes qui avaient de plus importantes dépenses pour l'alimentation étaient capables de rentabiliser cet investissement en ayant une production laitière supérieure (Heinrichs et al., 2013).

À ce jour, chez la chèvre laitière québécoise, aucune étude n'a été publiée dans la littérature scientifique pour mettre en relation l'âge de la première mise bas, la productivité de la chèvre ainsi que l'efficacité technicoéconomique de l'entreprise. Cependant, la firme Services Conseils Bernard Belzile Inc (2010) a remis au MAPAQ, Valacta et la SECLRQ une étude de faisabilité sur l'établissement d'une pouponnière pour déterminer s'il était plus rentable de faire élever les chevrettes dans un établissement autre que la ferme principale où les animaux adultes sont logés en vue de produire le lait. Élever une chevrette de la naissance jusqu'à l'âge de 9 mois coûterait autour de 116 \$ seulement pour l'alimentation (Belzile Inc, 2010). En France, pour l'alimentation des animaux de la relève, il coûterait en moyenne autour de 103 € (142 \$CAD) de la naissance à l'âge de 9 mois (IDELE, 2013). Cependant, l'alimentation ne représente qu'une partie des dépenses liées à l'élevage des chevrettes, les coûts liés à la manipulation des animaux et les bâtiments ne sont pas pris en compte. Par exemple, au Québec, les chèvres doivent être isolées et les chèvres doivent être maintenues à l'intérieur durant la période hivernale pour maintenir leur confort, contrairement à la France où l'hiver est nettement plus doux. Il est donc difficile de comparer les coûts liés à l'élevage des chevrettes françaises aux chevrettes québécoises, d'autant plus qu'aucune publication française ne rapporte les coûts d'élevage moyens qui sont liés à la régie et aux installations des troupeaux.

Plus d'études sont nécessaires chez les caprins laitiers québécois pour déterminer les bénéfices engendrés par l'entrée précoce ou tardive en production. Cela pourrait d'ailleurs avoir une influence sur les objectifs des producteurs caprins quant à l'âge à la première mise bas de leurs chevrettes.

## **Objectifs**

Le premier objectif de ce projet est de déterminer le lien entre le poids à 7 mois et la probabilité de mise-bas des chevrettes laitières de race Alpine et Saanen. Le second objectif est de déterminer le lien entre le poids à 7 mois et l'âge de ces chevrettes lors de leur première mise bas.

## **Hypothèses**

Les chevrettes les plus lourdes à l'âge de 7 mois auront plus de chances d'atteindre une première mise bas et de mettre bas à un âge significativement plus jeunes que leur comparses plus légères.



## **CHAPITRE 2 : Article scientifique**

**Doeling weight at mating age in dairy goats: association with probability of kidding and age at first kidding**

Article en préparation pour soumission au Journal of Dairy Science

**Doeling weight at mating age in dairy goats: association with probability of kidding  
and age at first kidding**

**S. Nadon<sup>\*</sup>, J. Arsenault,<sup>†</sup> D. Cinq-Mars<sup>‡</sup> and S. Buczinski<sup>\*1</sup>**

<sup>\*</sup>Département de Sciences Cliniques, Faculté de Médecine Vétérinaire, C.P. 5000, Université de Montréal, St-Hyacinthe, Québec, J2S 7C6, Canada

<sup>†</sup>Département de Pathologie et de Microbiologie, Faculté de Médecine Vétérinaire, C.P. 5000, Université de Montréal, St-Hyacinthe, Québec, J2S 7C6, Canada

<sup>‡</sup>Département des Sciences Animales, Faculté des Sciences de l'Agriculture et de l'Alimentation, 2425 rue de l'Agriculture, Université Laval, Québec, Québec, G1V 0A6, Canada

<sup>1</sup>Corresponding author: s.buczinski@umontreal.ca

## INTERPRETIVE SUMMARY

**Doeling weight at mating age in dairy goats: association with probability of kidding and age at first kidding by Nadon *et al.*** Optimal estimated weight at mating has never been established for dairy goats in North America. The objective of this study was to estimate the relationship of weight at 7 months old with subsequent probability of first kidding and age at first kidding of Alpine and Saanen goats. Weights of 30 and 34kg at 7 months old should be targeted for the Alpine and Saanen breeds, respectively, to reach a predicted kidding probability of 90% and a lower age at first kidding.

## ABSTRACT

Weight at mating has been associated with lifelong productivity in dairy goat. The objective of this study was to estimate the relationships between weight at 210 days old (W210) with subsequent probability of first kidding (PK) and age at first kidding (AFK) of Alpine and Saanen goats, respectively. A convenient sample of 744 Alpine and 217 Saanen dairy goats from 17 farms performing regular milk controls in the province of Québec, Canada, was analysed. Kids' weights were measured using a heart girth tape between the age of 5 and 9 months. Mixed linear regressions were used to model the weight according to the age of goat, which was then used to predict the W210 of each goat. The PK means were respectively 88.0% and 92.7% for the Alpine and Saanen goats. Based on logistic regression, PK was significantly associated with W210. Mean AFK were  $502 \pm 129.6$  and  $445.5 \pm 92.6$  days for the Alpine and Saanen breeds, respectively. Mixed linear regression showed that Alpine and Saanen goats with higher W210 kidded at younger age than goats with low W210. According to our results, Alpine and Saanen goat kids should weigh at least 30 and 34 kg respectively at the age of seven months to achieve PK of at least 90 %, and a median AFK by breed and herd in a range of  $\pm 30$  days. **KEYWORDS:** goat kid, doeling, growth, dairy goat, weight at mating, age at first kidding,

## INTRODUCTION

Productivity of dairy goat farms is function of many factors, such as genetic, farm management and nutrition program. One of the key elements is to ensure adequate growth of the replacement goats, so that they can enter into production as soon as possible without compromising their lifetime productivity. In dairy cows, it has been shown that weight and age at first calving (AFC) are positively correlated with productivity (Mourits et al., 1999, Cooke & Wathes, 2014). Farm management practices such as colostrum administration, weaning and milk feeding method impact on goat kid's growth and therefore on the weight at targeted age of 7 months for mating (Morand-Fehr, 1984, DeNise et al., 1989, Havrevoll et al., 1991, Goetsch et al., 2001). Since goat has a seasonal breeding pattern (Wang et al., 2015), birth date can also have an impact on age at first kidding with animals reaching the target weight during spring season might not be bred without estrus synchronization or photoperiod (Gateff et al., 2003, Wang et al., 2015).

In addition to body weight, target body condition score should also be reached at first mating for optimal performance (Morand-Fehr & Hervieu, 1999). In dairy cows, at the prepubertal period, it has been reported that low or high body condition score (BCS) ( $2.5 > \text{BCS} > 3.5$  on a 1 to 5 scale) was associated with a lower probability of ovulation (Berry et al., 2003, Roche et al., 2009). In the dairy goats, fat body condition also seems to be negatively correlated with fertility (Bowden et al., 1995, Yilmaz et al., 2011). Monitoring BCS in dairy goat's kids could also help prevent excessive fat deposition in the mammary glands, as it is associated with the general body fat accumulation (Morand-Fehr & Hervieu, 1999).

In Europe, as well as in North America, it is generally suggested that replacement does should get in milk production by one year of age to optimize production life without compromising their growth. Based on an analogy made with the dairy cows, it has been suggested to mate doelings at 7-month old, if their body weights reach around 60 % of their adult body weight (Shelton, 1978, Morand-Fehr & Hervieu, 1999). This translates into a target weight of 36 kg for the Saanen breed and 34 kg for the Alpine based on the mean weights in France. Morand-Fehr & Hervieu (1999) recommended mating goat kids with an average lumbar and sternal BCS between 2.5 and 3.25. However, in dairy goats, especially in North American conditions, no study was found in the literature to assess to what extent these recommendations are associated with higher probability of reaching first kidding. Therefore, the aim of the study was to estimate the relationships of weight at 210 days old (W210) with subsequent probability of first kidding (PK) and age at first kidding (AFK) of Alpine and Saanen goats, respectively.

## MATERIALS AND METHODS

### *Study population*

The study population consisted of 2 cohorts obtained from convenient samples of voluntary dairy goat farms throughout the province of Québec in Canada, between 2011 and 2015. Only herds enrolled in a milk-recording program (VALACTA, Ste-Anne de Bellevue, QC) were eligible. Because of the high proportion of the Alpine (58.0%) and Saanen (31.8%) breeds which represented a total of 89.8% of the goats on the milk recording program (Brunelle, 2012), only these two breeds were considered for the study. Goats between 5 to 9 months old were retained for the study. All procedures were approved by the Animal Care Committee of the Université de Montréal.

### *Cohort #1 dataset*

The Cohort #1 dataset was obtained from a study performed on dairy goat growth in the province of Québec in 29 herds (Doizé et al., 2013) from 2011 to 2012. Twelve herds (for a total of 566 goat kids) from the study were retained for the present study based on the breeds of the goats as well as the farm milk controls assessment. The goats were born between February and December 2011. The body weight was estimated once between the age of 5 and 9 months using heart girth measurement with a zoometric tape (Coburn Company, Whitewater, WI). One experienced operator measured the body weights of every animal (Doizé et al., 2013).

### ***Cohort #2 dataset***

A total of 17 farms on milking control program accepted to join the study for a total of 705 goats kids between the age of 5 to 9 months old born between December 2012 and June 2013. Of these 17 farms, 10 also had goat kids in cohort #1. Body weight was estimated as described for cohort #1. Body condition score (BCS) was estimated as previously described using an average of a lumbar and sternal scores (from 1 being the skinniest to 5 the fattest (Morand-Fehr & Hervieu, 1999, Doré et al., 2015)). The average lumbar and sternal BCS were categorised as “thin” if <2.5, “normal” if 2.5-3.0, and “fat” if >3.0, as previously suggested (Morand-Fehr & Hervieu, 1999).

### ***Management practices***

Two questionnaires were developed for cohort #2 to describe farm management practices. The first questionnaire was filled in with the farmer during the first visit and included questions on weaning and mating decision criteria, such as weight and age, disbudding techniques, solid food introduction and milk feeding programs. A second questionnaire was sent by mail to the farmers one year later to seek information on the reproduction techniques used for the goats enrolled in the study.

### ***Milk record dataset***

The date of first kidding was extracted from the milk recording program datasets (VALACTA, Ste-Anne de Bellevue, QC), in October 2015, 20 months after the last evaluation of the weights around 7 months were performed on the goats of cohort #2. The possible animal outcomes were kidded and started in milk production, died or culled before kidding, sold before kidding or finally lost in follow-up in all other situations.



Animals that were sold before kidding or were lost in the follow up were excluded from the analysis.

### ***Statistical analysis***

All statistical analyses were performed using SAS 9.3 (Cary, NY) and STATA (Statacorp, College Station, TX). All models were built separately for Alpine and Saanen goats since these two breeds have distinct growth characteristics (Regadas Filho et al., 2014).

### ***Corrected 7 months weight prediction***

A mixed linear regression was used to model weight according to goats' age, which was then used to predict the weight of each goat at 210 days of age based on the available individual weight measured between 5 to 9 months of age. The age was centered on the mean for each breed. As the growth curve was previously reported as curvilinear in dairy cows, lambs and hair goats (Alvarez-Rodriguez et al., 2008, Tatar et al., 2009, Cue et al., 2012), quadratic models were used with the MIXED procedure in SAS 9.3. Random intercepts for the farm and random slopes for the age were considered. A backward strategy was used to select variables such as BCS and season of birth using a significance level of  $p > 0.05$  as criteria for rejection. The resulting coefficient for the age was then used to correct the difference of weights between the measure and the exact age of 210 days (7 months old). The W210 were predicted based on the assumptions that the relationship between the weight and age of dairy goat kids was different for each farm and breed.

### ***W210 vs probability of kidding (PK)***

A mixed logistic regression model was used to model the probability of kidding according to W210, breed and cohort (partially confounded with kidding season) (equation 1). An alternative model was also built, including BCS, limited to data from cohort #2 (equation 2). Two-ways interactions with W210 were tested. Due to convergence problems of mixed models, generalised estimating equation (GEE) were used and performed with the GENMOD procedure in SAS. Linearity assumption of the logitPK vs W210 was visually assessed as previously recommended (Dohoo et al., 2003).

[1]

$$\text{Logit (PK)}_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j} * W210_i + \varepsilon_j$$

[2]

$$\text{Logit (PK)}_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j} * W210_i + \beta_{2j} * BCS_1 + \beta_{3j} * BCS_2 + \varepsilon_j$$

The logit (PK)<sub>ik</sub> is the logarithm of the prevalence odd (p/1-p) of first kidding for the goat i in farm j,  $\beta_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $\beta_3$  and  $\varepsilon_j$  the intercept, the parameter for the W210, the parameters for BCS category 1 (BCS between 2.5 and 3.0), BCS category 2 (BCS under 2.5) and the residuals, respectively. The category 3 (BCS >3.0) did not have a specific parameter, as it was the referent category. A backward strategy was used to select variables using a significance level of  $p > 0.05$  as criteria for rejection.

### ***W210 vs age at first kidding (AFK)***

A second set of models were built using only animals that kidded in order to assess the association between W210 and the age at kidding relative to the median herd

value. The median age at kidding was calculated for each herd, separately for Saanen and Alpine (equation 3). The relationship between AFK, the dependant variable and W210 was described with linear regression model in PROC MIXED procedure of SAS. AFK for the  $i^{\text{th}}$  goat in the  $j^{\text{th}}$  herd was centered on the median AFK of its herd as all farms could have different kidding age targets. BCS as well as cohort were included as potential covariates as in PK model. A backward strategy was used to select variables using a significance level of  $p>0.05$  as criteria for rejection.

[3]

$$\Delta AFK_{ij} = AFK_{ij} - medianAFK_j$$

## RESULTS

### *Descriptive statistics*

A total of 1271 goat kids from 17 farms (566 from cohort #1 and 705 from cohort #2) met the inclusion criteria. The average number of goats selected per herd was 75 (median: 45, range 13-298). The statuses of the goats at the end of the follow-up period are presented in Table 1 for each breed. A total of 859 goats kidded, 105 were culled or dead and 307 goats were excluded of the statistical analysis because they were sold or lost. Average median AFK for the Alpine and Saanen breed were  $467.7 \pm 90.49$  days (min: 372 days, max 675 days) and  $470.27 \pm 95.37$  days (min: 359, max: 708 days) respectively. BCS distribution is described in table 3 for each breed.

### *Management practices*

According to the first questionnaire of cohort #2, 9 out of 17 farms separated as soon as possible the newborns from their mother, (6 farms gave heat treated goat colostrum, 3 farms gave cow colostrum systematically), and the rest of the farmers left the goat kids drink their mother's colostrum directly from the udder. All the farms disbudded their baby goats with a commercial iron without analgesia within the 3 first week of life. The solid food was first offered between birth up to 45 days old and coccidiostatics were offered in all farms but one. All farmers weaned their goats around 6 to 8 weeks of age and only if they weighted at least 12 to 15 kg. They all bred their goats between the ages of 7 to 10 months old (50 % of the herds at 7 months old, 25% at 8 months old, 15% at 9 months old and 10% at 10 months old), with a minimum weight of

32 kg. Weights were estimated using the dairy goat weigh tape, electronic pig balances or by visual observation.

The second questionnaire was filled by only 8 of the 17 farms. It was about the reproduction techniques used on the goats included in the study. One farm systematically used artificial insemination. Two farms used photoperiod control alone to manage the reproduction cycles. Five farms used natural insemination without any hormonal therapy on all their doeling or a part of them. Three farms used hormonal therapy to control the reproduction cycles on a part of their doeling. The other farms used combinations of the buck effect, photoperiod treatment or preferred natural heats without any hormonal therapy.

#### ***Weight at 7 months (W210)***

Results of W210 modeling are presented in Table 2. The Alpine and the Saanen models slightly differed. The random intercept and slope were significant for Alpine whereas random slope was not significant for Saanen models. Season of birth as well as BCS parameters were excluded as they were not statistically significant for the models predicting W210 ( $p>0.05$ ).

#### ***Probability of living up to the first kidding (PK)***

The final models are presented in Table 3. The reduced models included the same variables for the two breeds based on W210. Figure 1 shows the predicted PK for the Alpine breed and Figure 2 for the Saanen breed. Heavier goats at 210 days of age are more likely to succeed their first kidding. Moreover, the lighter W210 is, the more every additional kg increases the predicted PK. Based on our generalized model prediction, For

an objective of at least 90% of kidding, a W210 of at least 30 kg would be needed for Alpine breed and 34 kg for Saanen, after what PK asymptotically increase close to a PK of 100%.

The BCS (using cohort #2 data) added complementary information to the model for the Alpine breed (Table 3). The Alpine goats with a higher BCS (>3.0) had increased PK compared to low BCS (<2.5) when controlling for W210. For the Saanen breed, the BCS parameter was not statistically significant.

#### ***Age at first kidding (AFK)***

Equation 4 and 5 show the final models for the Alpine and the Saanen breed respectively where  $\Delta AFK_{ik}$  is the predicted age of first kidding centered on the breed median for the goat  $i$  in farm  $j$ ,  $\beta_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  and  $\varepsilon_j$  the intercept, the parameter for the W210, the squared W210 and the residuals.

[4]

$$\Delta AFK_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j} * W210_i + \beta_{2j} * W210_i^2 + \varepsilon_j$$

[5]

$$\Delta AFK_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j} * W210_i + \varepsilon_j$$

In this model, BCS as well as season of birth did not affect significantly the AFK for the two breeds. The quadratic term of W210 was not significant in the Saanen breed. The mixed linear models used to predict AFK in both breeds is presented in Table 4 and Figures 3 and 4. For the Saanen goats, as the relationship is inversely proportional between W210 and AFK, the heavier the goat, the sooner it gives birth. In the Alpine breed, the quadratic relation is observed with an inflexion point around the median AFK

for each herd minus 75 days. To reach an AFK around the median of each herd, W210 of 30 and 34kg should be achieved for the Alpine and the Saanen goats respectively.

## **DISCUSSION**

To our knowledge, the present study is the first one to estimate the relationship between weight at mating of dairy goats in North America and the probability of reaching the first kidding as well as the age at this first kidding. Our results confirm our hypothesis that goats with heavier W210 are more likely to reach their first kidding, and to reach it at a younger age, than low W210 for both Alpine and Saanen breeds. In dairy cattle, sheep and dairy goats in France, the same relationship is noted; the heavier the animal is at mating, the younger they reach first parturition (Boulanouar et al., 1995, Piedhault et al., 2014, Vacek et al., 2015).

### **W210 prediction**

In our study, the W210 were predicted based on growth curves estimated from the present study's data, which was based on a single weight measurement between 5 to 9 month old. In their study, Doizé et al. (2013) used 4 measurements of the weight to build a growth curve from birth up to 7 months old. The inclusion of multiple weight measurements during this period might have added strength to the model predicting W210 for each goat kid.

### **W210 vs PK**

In this present study, the goats that had more chances to reach the first kidding were heavier than the goats that were culled or died. Culled goats were lighter than the kidded goats, however the difference of weight was not statistically significant as seen in Table 1. In our study, the farmers did not have to keep in their herds all goats that were recruited for the study. If it would have been the case, we can hypothesize that most goats



would eventually have given birth at one time or another despite their W210, based on the assumption that they would have been mated when they reach the targeted weight.

### **W210 vs PK**

Another way to study this relationship would have been the use of survival analysis, but this was impossible since the dates of the departures of the goats from the herds were unknown.

For the Alpine breed, BCS had a positive impact on PK (see Table 3). In our study population, BCS over 3.5 were uncommon, for the Alpine breed, only 10 goats had a BCS over 3.5 and 23 goats for the Saanen breed. We might have missed the negative effect of very fat goat on reproduction leading to late kidding as seen in literature in goats as well as in dairy cattle (Morand-Fehr & Hervieu, 1999, Krpalkova et al., 2014, Vacek et al., 2015). From our study, we found that BCS over 3.0 is positively related to PK, but we can't deduce that this relationship is the same for all strata of BCS of 3.0 or more.

### **W210 vs AFK**

In the present study, the latest's kidding was from goats with extremely low W210 (<25 kg); only a few goats succeeded to reach first kidding with a low W210. As expected, in this study, the lower AFKs were achieved by goats with high W210. Optimal AFK is not clearly defined in dairy goats. However, in dairy cows, low age at first calving is related with high body weight (Vacek et al., 2015). In dairy cows, BCS is related to the age at first calving, when BCS of 3.25 and 3.5 were compared, the bigger the BCS is at mating, the younger the heifer give birth (Krpalkova et al., 2014, Vacek et al., 2015). In our study, the fact that there were only 528 goats with a BCS, might explain

that BCS was not significant in predicting AFK. With a larger sample of goats W210 and BCS we might have been able to reach significance for this parameter.

### **Other bias**

In this present study, the lost of data were mostly due to loss of identification. Apart from a few farms using tattoos, most farmers were using medals on neck chains or ear tags which were often lost during follow-up. The proportion of lost goats was not homogenous between the herds (0-80% with a mean of 7.31%), ensuing that management was not uniform between the farms. Even though 24% of the goats couldn't be used in the statistical analysis, as they had no follow-up status, their W210 was similar to the average W210 of the goats included in the study. This led to think that these data are missing at random which reduces the impact of this potential bias.

In the dairy cattle, the weight at puberty is known to have a positive impact on the age at first calving and it is directly related to the milk production. In fact, not only the heavier heifers would reach first calving earlier, but they also produced more milk throughout their three first lactations (Vacek et al., 2015). Even though our study established the relationship between W210, PK and AFK, there is still some missing information about the relationship between weight at mating and the subsequent milk production. Further researches would be needed to validate if the target weight established in this study are also linked with optimal milk productivity.

## **CONCLUSION**

Weight at mating in dairy goats has a positive influence on kidding probability as well as age at kidding. For the Saanen and the Alpine breeds, the heavier the doelings at 210 days of age, the better the chances that they live until their first kidding and the younger they give birth. For the Alpine breed, an objective of 30 kg would be appropriate to get 90 % chances of kidding and an AFK around the median AFK of the herd. The Saanen AFK model was not the same as the Alpine but could still predict AFK, in this case to reach the median AFK of the breed, W210 must be around 34 kg. Unfortunately the Saanen sample size was not big enough to get significant statistic model to predict PK.

## **ACKNOWLEDGEMENTS**

The authors want to acknowledge La Société des Éleveurs de Chèvres Laitières de Race du Québec (SECLRQ, Saint-Hyacinthe, Québec, Canada) and Le Ministère de l'Agriculture, des Pêches et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ) via its C section of the Programme d'appui financier aux regroupements et aux associations de producteurs désignés (PAFRAPD) for funding this project. The authors also want to thank the participating farms and the research staff, especially Samuel Clair-Côté, veterinary technician and Sylvie Vermette, the project manager, for their help during this study.

## REFERENCES

- Alvarez-Rodriguez, J., M. Joy, D. Villalba, and A. Sanz. 2008. Growth analysis in light lambs raised under different management systems. *Small Ruminant Res.* 79(2/3):188-191.
- Berry, D. P., F. Buckley, P. Dillon, R. D. Evans, M. Rath, and R. F. Veerkamp. 2003. Genetic relationships among body condition score, body weight, milk yield, and fertility in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 86(6):2193-2204.
- Boulanouar, B., M. Ahmed, T. Klopfenstein, D. Brink, and J. Kinder. 1995. Dietary protein or energy restriction influences age and weight at puberty in ewe lambs. *Anim. Reprod. Sci.* 40(3):229-238.
- Bowden, C. E., K. Plaut, and R. L. Maple. 1995. Effect of plane of nutrition on mammary gland development in prepubertal goats. Pages 71-72 in *Intercellular signalling in the mammary gland*. C. J. P. Wilde, M.; Knight, C. H., ed. Plenum Publishing Corporation, États-Unis.
- Brunelle, C. 2012. Distribution des races aux contrôles laitiers. Valacta, Québec, Canada.
- Cooke, J. S. and D. C. Wathes. 2014. Rearing heifer calves for optimum lifelong production. *Cattle Pract.* 22(1):66-71.
- Cue, R. I., D. Pietersma, D. Lefebvre, R. Lacroix, K. Wade, D. Pellerin, A. M. De Passille, and J. Rushen. 2012. Growth modeling of dairy heifers in Quebec based on random regression. *Can J. Anim. Sci.* 92(1):33-47.
- DeNise, S. K., J. D. Robison, G. H. Stott, and D. V. Armstrong. 1989. Effects of passive immunity on subsequent production in dairy heifers. *J. Dairy Sci.* 72(2):552-554.
- Dohoo, I., S. Martin, and H. Stryhn. 2003. Logistic regression. Pages 351-352 *Veterinary epidemiologic research*. AVC Inc., Charlottetown, P.E.I.
- Doizé, F., M. Beauregard, M. Dion, C. Brunelle, A. Doyon, G. Maher, F. Clair, S. Grothé, J. Marcoux, S. Vermette, J. Jolin, R. Lussier, and J. Vandermeersch. 2013. Élaboration d'un plan d'élevage des chevrettes de races laitières, Rapport final. Numéro du projet: 6527. Financé par Agriculture et Agroalimentaire Canada, Programme canadien d'adaptation agricole. Page 111. Société des éleveurs de chèvres laitières de race du Québec.
- Doré, V., J. Dubuc, A. M. Bélanger, and S. Buczinski. 2015. Definition of prepartum hyperketonemia in dairy goats. *J. Dairy Sci.* 98(7):4535-4543.

- Gateff, S., B. Leboeuf, C. Desemery, C. Fouilland, M. Freleteau, M. P. Guillon, C. Jacquemet, F. Jenot, and C. Raynaud. 2003. Maitriser la reproduction des chevrettes à contre-saison, quels resultats avec le traitement lumineux et l'effet bouc? Pages 123-126 Proc. Dixième rencontre autour des recherches sur les ruminants, Paris, France.
- Goetsch, A. L., G. Detweiler, T. Sahlu, and L. J. Dawson. 2001. Effects of different management practices on preweaning and early postweaning growth of Alpine kids. *Small Ruminant Res.* 41(2):109-116.
- Havrevoll, O., M. Hadjipanayiotou, M. R. Sanz Sampelayo, Z. Nitsan, and P. Schmidely. 1991. Milk feeding systems of young goats. Pages 259-270 *Goat nutrition*. Pudoc, Wageningen.
- Krpalkova, L., V. E. Cabrera, M. Vacek, M. Stipkova, L. Stadnik, and P. Crump. 2014. Effect of prepubertal and postpubertal growth and age at first calving on production and reproduction traits during the first 3 lactations in Holstein dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 97(5):3017-3027.
- Morand-Fehr. 1984. International colloquium on goat diseases, Niort (France) 9-11 October 1984. Page 750.
- Morand-Fehr, P. and J. Hervieu. 1999. Body condition scoring of goats: use and method. *La Chèvre* 231:22-33.
- Mourits, M. C. M., R. B. M. Huirne, A. A. Dijkhuizen, A. R. Kristensen, and D. T. Galligan. 1999. Economic optimization of dairy heifer management decisions. *Agricult. Sys.* 61(1):17-31.
- Piedhault, F., K. Lazard, M. Proust, B. Foison, V. Lictévout, J.-Y. Lhériaux, and N. Bossis. 2014. Réussir l'élevage des chevrettes, de la naissance à la mise bas. Inosys, ed. Institut de l'Élevage, Paris, France.
- Regadas Filho, J. G. L., L. O. Tedeschi, M. T. Rodrigues, L. F. Brito, and T. S. Oliveira. 2014. Comparison of growth curves of two genotypes of dairy goats using nonlinear mixed models. *J. Agricult. Sci.* 152(5):829-842.
- Roche, J. R., N. C. Friggens, J. K. Kay, M. W. Fisher, K. J. Stafford, and D. P. Berry. 2009. Body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare. *J. Dairy Sci.* 92(12):5769-5801.
- Shelton, M. 1978. Reproduction and breeding of goats. *J. Dairy Sci.* 61(7):994-1010.

- Tatar, A. M., N. Tekel, M. Ozkan, I. Baritci, and G. Dellal. 2009. The determination of growth function in young Hair goat. *J. Anim. Vet. Adv.* 8(2):213-216.
- Vacek, M., L. Krpalkova, J. Syrucek, M. Stipkova, and M. Janecka. 2015. Relationships between growth and body condition development during the rearing period and performance in the first three lactations in Holstein cows. *Czech J. Anim. Sci.* 60(9):417-425.
- Wang, D., P. Lee, T. Li, S. Yang, and J. Huang. 2015. Effect of artificial photoperiod on induction of estrus and conception of dairy does in non-breeding season. *TURI* 48(2):94-99.
- Yilmaz, M., G. Erdogan, H. E. Bardakcioglu, T. Taskin, and T. Altin. 2011. Effect of BCS at mating on some reproductive performance of Saanen goat under raised semi intensive conditions. *J. Anim. Vet. Adv.* 10(22):2909-2912.

**Table 1:** Mean weight at 210 days old (kg) of 1271 dairy goat kids

Status	Alpine		Saanen	
	n	mean $\pm$ SE	n	mean $\pm$ SE
Kidded	655	31.6 $\pm$ 4.42	204	34.4 $\pm$ 4.62
Dead/culled	89	26.8 $\pm$ 4.84	16	30.3 $\pm$ 5.28
Sold <sup>1</sup>	140	33.6 $\pm$ 3.63	74	35.7 $\pm$ 4.21
Lost <sup>1</sup>	83	30.6 $\pm$ 4.45	10	31.9 $\pm$ 4.17
Total	967	31.4 $\pm$ 4.66	304	34.4 $\pm$ 4.69

<sup>1</sup>excluded of probability of reaching first kidding and age at first kidding models

**Table 2:** Weight at 210 days old prediction models by Alpine and Saanen goat kids.

Breed	Variables	Estimate	SE	p
Alpine	Random effects			
	Intercept	9.93	3.65	0.0033
	Age 7 months	0.001	0.00	0.0392
	Residuals	12.95	0.60	<0.0001
	Fixed effects			
	Intercept	31.41	0.79	<0.0001
	Age 7 months	0.08	0.01	<0.0001
Saanen	Age 7 months squared <sup>1</sup>	-0.0008	0.00	<0.0001
	Random effects			
	Intercept	15.00	7.02	0.0164
	Residuals	12.77	1.06	<0.0001
	Fixed effects			
	Intercept	33.29	1.16	<0.0001
	Age 7 months	0.05	0.01	<0.0001
	Age 7 months squared	-0.0008	0.00	0.0096

<sup>1</sup>square of the difference between Age 7 months and 210j.

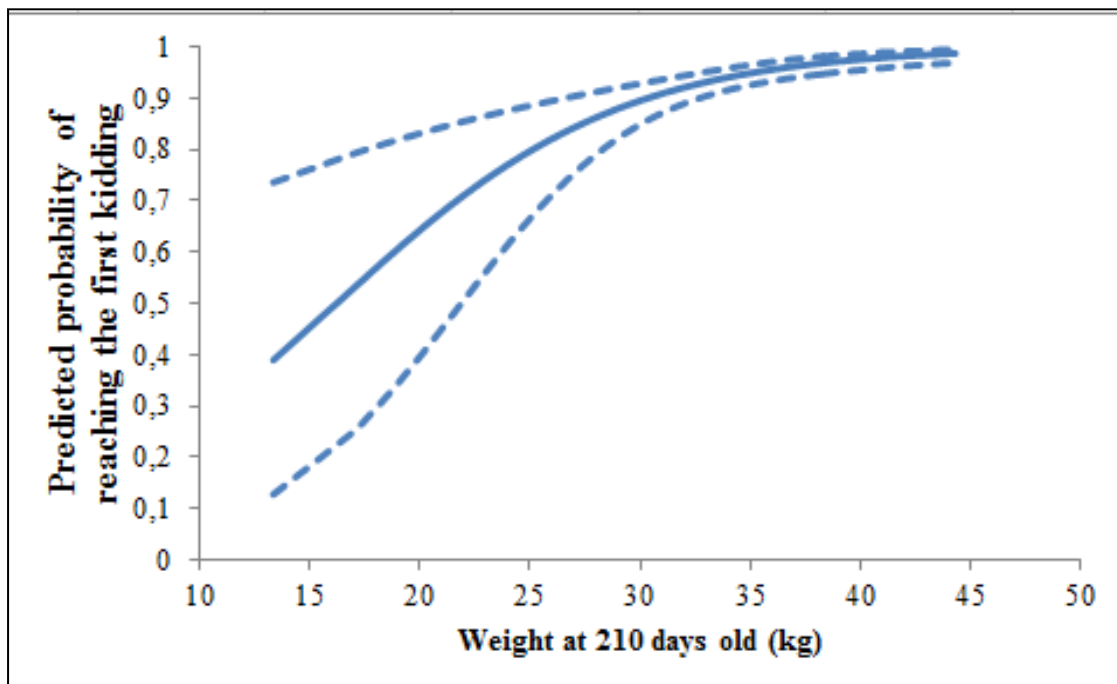
**Table 3:** Logarithm of the odds to reach first kidding prediction models by breed.

Variable	n	$\beta$		
		Estimate	Robust SE	p
Alpine – model 1	744			
Intercept		-4.68	1.85	0.011
W210		0.23	0.06	0.000
Alpine – model 2	378			
Intercept		0.18	1.93	0.925
W210		0.12	0.05	0.034
BCS				
<2.5	14	-2.14	0.95	0.024
2.5-3.0	233	-1.04	1.04	0.317
>3.0	131	referent	referent	referent
Saenen – model 1	220			
Intercept		-2.53	1.24	0.042
W210		0.16	0.04	0.000
Saenen – model 2	150			
Intercept		-0.86	2.34	0.712
W210		0.10	0.06	0.121
BCS				
<2.5	4	-0.33	1.94	0.867
2.5-3.0	64	-0.32	0.49	0.510
>3.0	82	referent	referent	referent

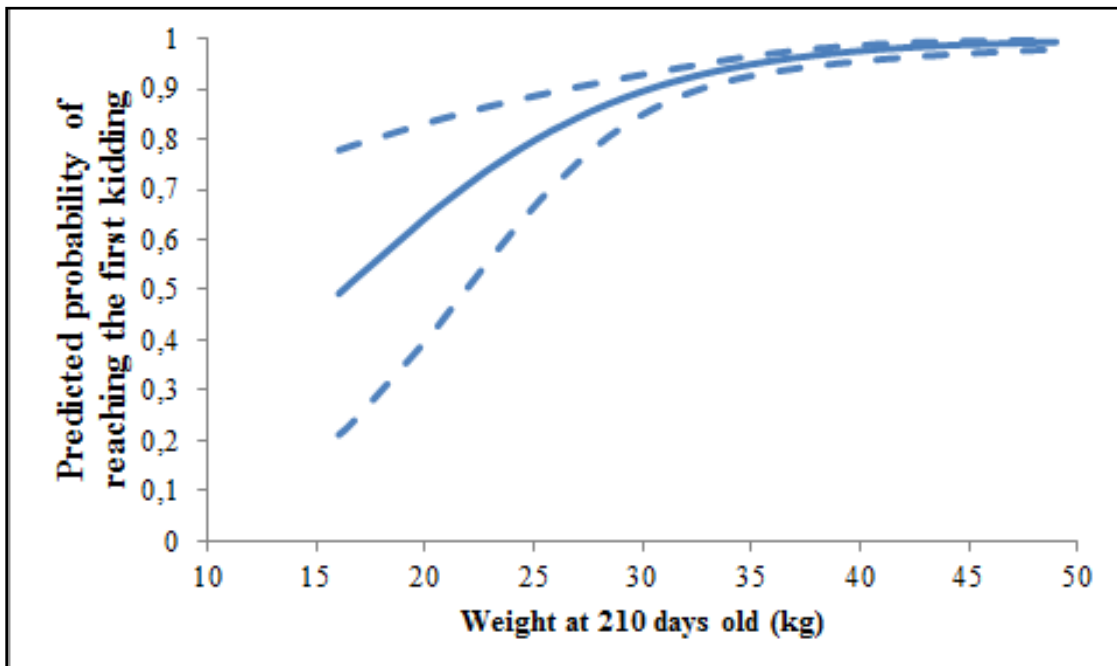
**Table 4:** Median age at first kidding prediction models by Alpine and Saenen goat kids.

Breed	Variables	$\beta$		
		Estimate	SE	p
Alpine	Random effects			
	Intercept	500.54	261.70	0.0279
	Residuals	6677	373.38	<0.0001
	Fixed effects			
	Intercept	19.81	7.16	0.0137
Saenen	Weight at 7 months	-7.61	0.95	<0.0001
	Weight at 7 months squared <sup>1</sup>	-0.73	0.20	0.0002
	Random effects			
	Residuals	4311.91	427.99	<0.0001
	Fixed effects			
	Intercept	15.15	4.61	0.0012
	Weight at 7 months	-5.85	1.36	<0.0001

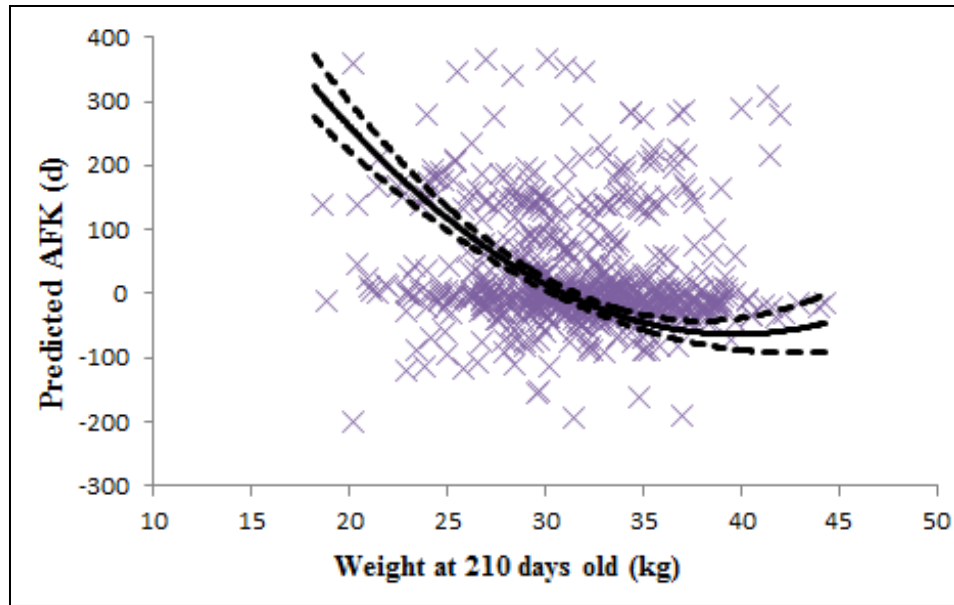




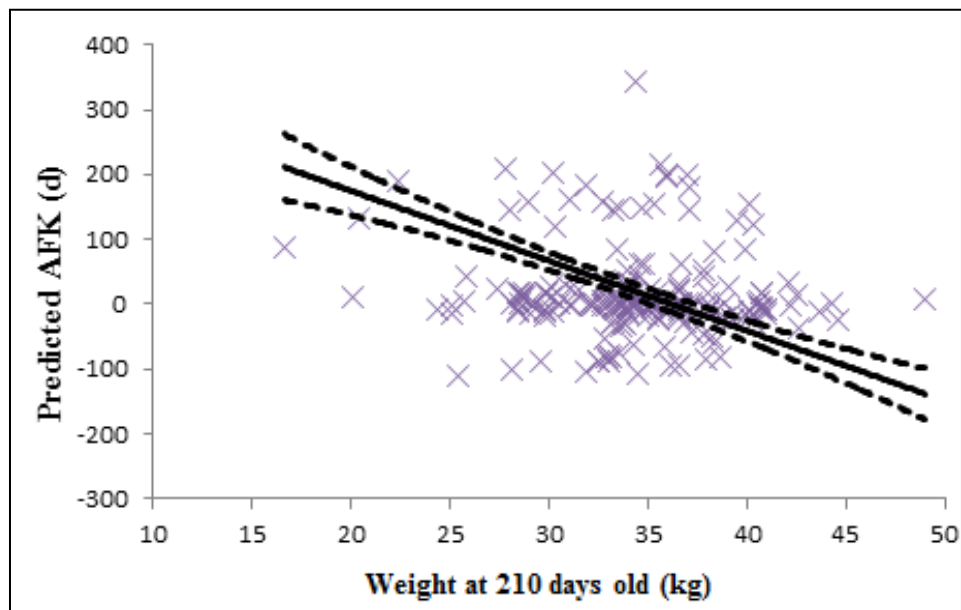
**Figure 1:** Predicted probability to reach first kidding model for the Alpine goat depending on the weight at 7 months old where the plain line is the mean probability of first kidding and the pointed lines represent the confidence interval of 95%.



**Figure 2:** Predicted probability to reach first kidding model for the Saanen goat depending on the weight at 7 months old where the plain line is the mean probability of first kidding and the pointed lines represent the confidence interval of 95%.



**Figure 3:** Predicted age at first kidding (AFK) centered on the median AFK per herd for the Alpine goat where the plain line is the mean predicted AFK, the pointed lines represent the confidence interval of 95% and the X represent the observed median centered AFK per goat.



**Figure 4:** Predicted age at first kidding (AFK) centered on the median AFK per herd for the Saanen goat where the plain line is the mean predicted AFK, the pointed lines represent the confidence interval of 95% and the X represent the observed median centered AFK per goat.

## **CHAPITRE 3 : Discussion générale**

Cette étude a permis de démontrer que chez la chèvre laitière de race Alpine et Saanen, un poids plus élevé à l'âge de 7 mois était associé à une probabilité plus élevée d'entrer en production et d'y parvenir à un plus jeune âge. Il s'agit de la première étude en ce sens en Amérique du Nord. Chez les ovins et les bovins, ainsi que chez les chèvres laitières françaises, les études vont dans le même sens que les résultats obtenus dans la présente étude (Boulanouar et al., 1995, Piedhault et al., 2014, Vacek et al., 2015).

### **3.1 Élaboration des modèles statistiques**

#### **Poids 7 mois corrigé**

Cette étude a permis d'établir un modèle décrivant le poids selon l'âge des chevrettes entre les âges de 5 à 9 mois à partir d'un poids par animal durant cette période. Un modèle de régression linéaire mixte a été mis en place afin de prédire un poids à exactement 210 jours de vie (7 mois) pour chacune des chevrettes. La littérature rapporte que la relation entre l'âge et le poids des chevrettes, des agnelles et des taures suit une droite curviligne possédant un terme quadratique (Alvarez-Rodriguez et al., 2008, Tatar et al., 2009, Cue et al., 2012). C'est aussi ce que nous avons observé pour la chèvre laitière, mais uniquement pour la race Alpine. La faible taille d'échantillon pour la race Saanen pourrait expliquer la différence entre les modèles de prédiction du poids à 7 mois.

Pour des raisons économiques et de temps, une seule mesure du poids à 7 mois a pu être faite entre l'âge de 5 et 9 mois pour chaque chevrete. Dans leur étude, Doizé et al. (2013) avaient établi la courbe de croissance de chevrettes Alpine et Saanen à partir de 4 mesures du poids entre la naissance et l'âge de 7 mois. Dans notre modèle, l'ajout d'une mesure supplémentaire du poids à au moins un autre moment entre l'âge de 5 et 9 mois aurait probablement ajouté de la précision à notre prédiction.

#### **Poids 7 mois corrigé vs probabilité de mettre bas**

La présente étude a permis d'évaluer, selon le poids à 7 mois, la probabilité que la chevrete mette bas ou non, en utilisant la régression logistique. Puisque certains troupeaux avaient uniquement des chèvres ayant mis bas, le calcul d'une variance propre

à chaque ferme était impossible. L'utilisation d'un modèle de régression logistique avec GEE amenant une variance robuste (calcul une variance pour l'ensemble des troupeaux) a donc été choisi. Une autre façon d'analyser ce type de données aurait pu être avec des analyses de survie, mais ne sachant pas les dates auxquelles les chevrettes sortaient des troupeaux pour être vendues ou réformées, les analyses de survie ne pouvaient être utilisées. Ce modèle nous a permis de constater que plus la chevrette était lourde, plus celle-ci avait de chances de mettre bas.

### **Poids 7 mois corrigé vs âge de mise bas**

Cette étude a permis de démontrer que plus la chevrette était lourde à l'âge de 7 mois, plus celle-ci mettait bas à un jeune âge. Inversement, les chevrettes qui mettaient bas tardivement étaient celles qui avaient les poids les plus légers à 7 mois. Ceci est logique et plausible biologiquement, car il est généralement recommandé d'attendre que la chevrette atteigne un certain poids avant de la mettre à la reproduction. Cela a pour conséquence de retarder la date de la mise bas chez les chevrettes trop légères. Selon notre étude, le poids optimal pour une mise bas tournant autour de l'âge de mise bas médian, c'est-à-dire 470 jours ou environ 15,6 mois pour l'Alpine et la Saanen, serait minimalement de 30 et 34kg respectivement pour chacune des races. Ce sont des poids légèrement inférieurs à ceux rapportés par Piedhault et al. (2014) qui proposent des poids de 34 et 36 kg à 7 mois pour la race Alpine et Saanen. Cependant, cette étude a été réalisée en France, où le climat est nettement plus doux qu'au Québec. On pourrait donc penser que la régie des troupeaux, l'alimentation ainsi que les installations ne reflètent pas la réalité des élevages québécois. Il est donc possible que les poids cibles recommandés par Piedhault et al. (2014) ne puissent être recommandés aux chèvres québécoises.

### **3.2 Limites de l'étude**

La précédente revue de littérature démontre que la gestion d'un troupeau de chèvres laitières est complexe puisque les facteurs influençant le poids et la courbe de croissance sont nombreux et inter reliés, ce qui augmente la difficulté d'évaluer l'impact de chacun d'eux individuellement (voir Annexe 1). Nos modèles statistiques avaient tous pour point de départ le poids à 7 mois et étudiaient sa relation directe avec le résultat soit la mise bas et l'âge à la mise bas. Cependant, entre l'évaluation du poids à 7 mois et la mise bas au moins 5 mois plus tard, une multitude de facteurs peuvent faire en sorte que la chèvre ne mette pas bas. Par exemple, il se pourrait qu'après l'âge de 7 mois, même si la chevrette avait un poids cible idéal, que celle-ci avorte pour des raisons liées à la régée, l'alimentation, la santé ou des problèmes de reproduction. Bien que nous ayons recueilli les pratiques de régée de troupeau des fermes à l'étude, ces informations n'ont pu être ajoutées aux modèles statistiques (voir Annexe 2). Dans tous les cas, on ne peut pas dire que le poids à 7 mois est une garantie sur l'issue de la chèvre, mais serait plutôt un indice des chances de succès.

#### **L'alimentation**

Plusieurs études ont déjà été faites sur l'alimentation durant les différentes phases de croissance de la chevrette, mais principalement avant la puberté (Havrevoll et al., 1991, Frileux et al., 1995, Morand-Fehr et al., 1996, Dashtizadeh & Monfared, 2011). Pour tenir compte de l'effet possible de l'alimentation après la puberté sur la probabilité de mettre bas, nous aurions pu alimenter les chevrettes selon 2 rations différentes. Cependant, le devis de l'étude étant au niveau individuel, le peu de troupeaux inclus ainsi que la variété des programmes de régée nous ont empêchés d'inclure le facteur « alimentation » dans nos analyses statistiques.

#### **Perte au suivi**

Dans notre étude, près du quart de la population a dû être exclu des analyses, car ces chevrettes avaient été vendues ou perdues au suivi. Le fait que les producteurs n'étaient pas tenus de garder dans leurs troupeaux toutes les chevrettes de l'étude a pu causer la perte de ces animaux. Si toutes les chevrettes avaient été gardées dans l'étude, on peut penser que le pourcentage de chevrettes ayant mise bas aurait été supérieur. Nous

aurions probablement eu une plus grande quantité d'animaux ayant mis bas malgré un poids léger à 7 mois. Malgré que près de 25% des animaux ont été exclus, nous n'avons pas imputé de données fictives à ces animaux comme cela est conseillé par Dohoo et al. (2010) dans le cas de données perdues de façons non aléatoire. Le biais associé à la perte de données dépend non seulement de la proportion de valeurs manquantes, mais aussi de la force d'association entre ces valeurs et le résultat. Dans notre cas, aucune catégorie de « statut » (mise bas, réforme, vente, perte au suivi) n'avait de poids à 7 mois statistiquement différents ce qui porte à croire que le statut n'aurait pas d'impact sur le poids malgré une tendance pour celles ayant mis bas d'être plus lourdes que celles qui ont été réformées.

### ***Les chevrettes vendues***

Dans la présente étude, les chevrettes vendues ont dû être retirées des analyses statistiques puisqu'on ne pouvait déterminer avec certitude ce qu'il en était advenu. Cependant, nous avons observé que les poids des chevrettes vendues étaient semblables aux poids des chevrettes ayant mis bas, ce qui porte à croire que ces chevrettes seraient des sujets de qualités. Cependant, les différences de poids entre les statuts ne sont pas statistiquement différentes, on parle ici de tendances. Par exemple, les chevrettes qui étaient réformées avaient des poids plus faibles que l'ensemble des animaux, ce qui nous amène à émettre l'hypothèse que les chevrettes vendues, de par leur poids élevé, ne sont pas nécessairement réformées, mais cette information est à prendre avec un bémol puisqu'on ne peut pas la vérifier. Par ailleurs, le budget de l'étude ne permettait pas de compenser la perte de revenu qu'aurait engendré la non-vente des individus. De plus, il est possible que les éleveurs n'aient de toute façon pas eu l'espace et les ressources pour garder tous les animaux de l'étude. De ce fait, il aurait été difficile de forcer les producteurs à garder tous les animaux.

### ***Les chevrettes perdues***

Dans notre étude, l'identification inadéquate des animaux a été responsable de la perte au suivi. Aucun système d'identification unique et permanent n'est actuellement obligatoire au Québec pour les chèvres. L'identification est donc faite selon la volonté du producteur. Outre le tatouage qui est permanent, mais qui peut être difficile à lire, les

boucles d'oreilles, les médailles ou les bracelets au niveau des tarses peuvent être abimés, perdus, ou carrément mangés par les chèvres. Cependant, les poids des animaux perdus ne sont pas statistiquement différents des poids des autres animaux de l'étude ce qui permet d'émettre l'hypothèse que les chevrettes perdues auraient autant de chances de figurer parmi celles ayant mis bas ou celles qui ont été réformées.

### **3.3 Pistes à explorer suite à notre étude**

Au cours de l'étude, nous avons fait face à plusieurs limitations telles que mentionnées précédemment. Cela ouvre la porte à d'autres études qui pourraient être complémentaires aux résultats obtenus. De plus, cela permettrait d'enrichir la documentation scientifique pour la chèvre laitière de race Alpine et Saanen en Amérique du Nord. Dans notre étude, les facteurs qui influencent de façon directe ou indirecte le poids à 7 mois et leur impact sur celui-ci n'ont pu être étudiés puisque les données recueillies à ce sujet était soit trop uniformes, soit trop hétérogènes en plus d'avoir une petite taille d'échantillon ( $n=17$  troupeaux) (voir annexe 2). Une étude en ce sens pourrait permettre d'identifier les facteurs critiques pour ensuite émettre des recommandations qui augmenteraient les chances d'atteindre le poids visé. Cela pourrait nous donner les connaissances afin de permettre d'optimiser les chances d'obtenir une mise bas à l'âge voulu sans compromettre la croissance de la chevrette.

Cette étude nous a permis de décrire la relation entre le poids à la mise à la reproduction et la probabilité de mettre bas ainsi que l'âge à cet événement en plus d'établir des poids cibles basés sur des chevrettes québécoises. Cependant, nous n'avons aucun indice pour définir si ces poids cibles à 7 mois ont aussi un impact sur la production de lait des chèvres comme il a été rapporté par Piedhault et al. (2014). Dans leur étude, les chevrettes ayant un poids minimal de 34 kg à 7 mois produisaient annuellement 850 litres de lait alors que celles avec un poids de 24 kg produisaient 200 litres de moins. Nous pouvons penser que nos chèvres suivent la même tendance, c'est-à-dire que le poids à 7 mois est lié à la production laitière de la chevrette, mais cela reste à valider. D'ailleurs, une étude est actuellement en cours pour établir le lien avec le poids à 7 mois des chevrettes de la présente étude et la production laitière en première et deuxième lactation. Ainsi, il serait possible de valider si les poids cibles recommandés sont en accord avec une production laitière optimale.

Bien que cette étude nous ait permis de déterminer un poids objectif à 7 mois pour augmenter les chances de mettre bas et de mettre bas le plus jeune possible, il serait primordial de trouver des pistes de solutions pour celles qui n'ont pas atteint ce poids. Il est possible qu'un changement alimentaire ou qu'une modification dans la régie de



troupeau permette une croissance compensatoire assez grande pour compenser le poids faible à 7 mois. À ce jour, il ne semble pas y avoir d'étude en ce sens chez la chèvre laitière.

## RÉFÉRENCES

- Abadie, G. & R. Thiery. 2006. Pasteurellosis in small ruminants: update of *Mannheimia haemolytica* and *Pasteurella trehalosi* serotyping. *Rev. Med. Vet. (Toulouse)* 157(11):530-534.
- Abecia, J. A., F. Forcada & A. Gonzalez de Bulnes. 2014. Pharmacological control of reproduction. *Albeitar* 175:24-25.
- Akpa, G. N., C. Alphonsus, S. Y. Dalha & Y. Garba. 2010. Goat breeding structure and repeatability of litter size in smallholder goat herds in Kano, Nigeria. *Anim. Research* 7(3):1274-1280.
- Albial, A. M., S. Jai, D. P. Singh & N. Ram. 2014. Environmental influences on growth traits of Nali sheep. *Indian J. Anim. Research* 48(1):75-77.
- Albino, R. L., M. I. Marcondes, R. M. Akers, E. Detmann, B. C. Carvalho & T. E. Silva. 2015. Mammary gland development of dairy heifers fed diets containing increasing levels of metabolisable protein: metabolisable energy. *J. Dairy. Res.* 82(1):113-120.
- Alley, M. R. 1987. Effects of pneumonia on lamb production. New Zealand Veterinary Association Sheep and Beef Cattle Society. Proceedings of the Society's 17th Seminar, Waikato University, Hamilton, New Zealand, May.
- Alvarez-Rodriguez, J., M. Joy, D. Villalba & A. Sanz. 2008. Growth analysis in light lambs raised under different management systems. *Small Ruminant Res.* 79(2/3):188-191.
- Alvarez, L., J. B. De Luna, D. Gamboa, M. Reyes, A. Sanchez, A. Terrazas, S. Rojas & F. Galindo. 2015. Cortisol and pain-related behavior in disbudded goat kids with and without cornual nerve block. *Physiol. Behav.* 138:58-61.
- Alvarez, L. & J. Gutierrez. 2010. A first description of the physiological and behavioural responses to disbudding in goat kids. *Anim. Welfare* 19(1):55-59.
- Amoah, E. A., S. Gelaye, P. Guthrie & C. E. Rexroad, Jr. 1996. Breeding season and aspects of reproduction of female goats. *J. Anim. Sci.* 74(4):723-728.
- Andrews, A. H. 2013. Some aspects of coccidiosis in sheep and goats. *Small Ruminant Res.* 110(2/3):93-95.
- Andries, K. M. 2013. Growth and performance of meat goat kids from two seasons of birth in Kentucky. *Sheep and Goat Res. J.* 28:16-20.
- Arguello, A., N. Castro, J. Capote, J. W. Tyler & N. M. Holloway. 2004. Effect of colostrum administration practices on serum IgG in goat kids. *Livest. Prod. Sci.* 90(2/3):235-239.
- Askar, A. R., T. A. Gipson, R. Puchala, K. Tesfai, G. D. Detweiler, A. Asmare, A. Keli, T. Sahlu & A. L. Goetsch. 2015. Effects of supplementation and body condition on intake, digestion, performance, and behavior of yearling Boer and Spanish goat wethers grazing grass/forb pastures. *Small Ruminant Res.* 125:43-55.
- Barrington, G. M., T. B. McFadden, M. T. Huyler & T. E. Besser. 2001. Regulation of colostrogenesis in cattle. *Livest. Prod. Sci.* 70(1/2):95-104.
- Bartlett, K. S., F. K. McKeith, M. J. VandeHaar, G. E. Dahl & J. K. Drackley. 2006. Growth and body composition of dairy calves fed milk replacers containing different amounts of protein at two feeding rates. *J. Anim. Sci.* 84(6):1454-1467.
- Bates, A. J., P. Eder & R. A. Laven. 2015. Effect of analgesia and anti-inflammatory treatment on weight gain and milk intake of dairy calves after disbudding. *N. Z. Vet. J.* 63(3):153-157.

- Baxter, E. M., J. Mulligan, S. A. Hall, J. E. Donbavand, R. Palme, E. Aldujaili, A. J. Zanella & C. M. Dwyer. 2016. Positive and negative gestational handling influences placental traits and mother-offspring behavior in dairy goats. *Physiol. Behav.* 157:129-138.
- Beede, D. K., G. T. Schelling, G. E. Mitchell, Jr. & R. E. Tucker. 1985. Utilization by growing goats of diets that contain monensin and low or excess crude protein: comparative slaughter experiment. *J. Anim. Sci.* 61(5):1230-1242.
- Belzile Inc, B. 2010. Étude de faisabilité portant sur l'établissement d'une pépinière de chevrettes au Québec. Page 43. Services Conseils Bernard Belzile Inc., Québec, Canada.
- Berry, D. P., F. Buckley, P. Dillon, R. D. Evans, M. Rath & R. F. Veerkamp. 2003. Genetic relationships among body condition score, body weight, milk yield, and fertility in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 86(6):2193-2204.
- Blome, R. M., J. K. Drackley, F. K. McKeith, M. F. Hutjens & G. C. McCoy. 2003. Growth, nutrient utilization, and body composition of dairy calves fed milk replacers containing different amounts of protein. *J. Anim. Sci.* 81(6):1641-1655.
- Bonneau, G. 2007. Nutrition et Alimentation. Page 1462 La production vache-veau. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec, Canada.
- Boulanouar, B., M. Ahmed, T. Klopfenstein, D. Brink & J. Kinder. 1995. Dietary protein or energy restriction influences age and weight at puberty in ewe lambs. *Anim. Reprod. Sci.* 40(3):229-238.
- Bowden, C. E., K. Plaut & R. L. Maple. 1995. Effect of plane of nutrition on mammary gland development in prepubertal goats. Pages 71-72 Dans *Intercellular signalling in the mammary gland*. C. J. P. Wilde, M.; Knight, C. H., ed. Plenum Publishing Corporation, États-Unis.
- Brice, G. 2003. The success of light treatment is confirmed. *La Chèvre* 255:24-28.
- Brogden, K. A., H. D. Lehmkuhl & R. C. Cutlip. 1998. *Pasteurella haemolytica* complicated respiratory infections in sheep and goats. *Vet. Res.* 29(3/4):233-254.
- Brunelle, C. 2012. Distribution des races aux contrôles laitiers. Valacta, Québec, Canada.
- Brunelle, C. 2016. Composantes du lait de chèvres selon les contrôles laitiers d'octobre 2016. Valacta, Québec Canada.
- Cameron, J., B. Malpaux & F. W. Castonguay. 2010. Accelerated lambing achieved by a photoperiod regimen consisting of alternating 4-month sequences of long and short days applied year-round. *J. Anim. Sci.* 88(10):3280-3290.
- Carsten, G. E., D. E. Johnson, M. A. Ellenberger & J. D. Tatum. 1991. Physical and chemical components of the empty body during compensatory growth in beef steers. *J. Anim. Sci.* 69(8):3251-3264.
- Castro, N., J. Capote, A. Morales-delaNuez, C. Rodriguez & A. Arguello. 2009. Effects of newborn characteristics and length of colostrum feeding period on passive immune transfer in goat kids. *J. Dairy Sci.* 92(4):1616-1619.
- Chaigneau, P. 2012. Le transfert d'immunité passive chez les caprins laitiers : enquête dans le département de Deux-Sèvres. Thèse de Doctorat. Page 126. École Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation Nantes Atlantique - ONIRIS, Nantes, France.
- Chartier, C., M. P. Pellet & I. Pors. 1991. Coccidiosis in kids: epidemiological and zootechnical factors. *Rec. Med. Vet. Ec. Alfort* 167(2):113-119.
- Chemineau, P., G. Baril, B. Leboeuf, M. C. Maurel, F. Roy, M. Pellicer-Rubio, B. Malpaux & Y. Cognie. 1999. Implications of recent advances in reproductive physiology for reproductive management of goats. *J. Reprod. Fertil. Suppl.* 54:129-142.

- Choupamom, J., F. Meutchieye, A. Njoya & Y. Manjeli. 2015. Phenotypic and genetic parameters of weight and average daily gain in Kirdi goats (*Capra hircus*) in the Sudano-Sahelian zone of Cameroon. (Special edition to commemorate the importance of animal genetic resources in Africa.) [French]. *Bulletin of Animal Health and Production in Africa* 63(4, Special Edition):111-121.
- Constant, S. B., M. M. LeBlanc, E. F. Klapstein, D. E. Beebe, H. M. Leneau & C. J. Nunier. 1994. Serum immunoglobulin G concentration in goat kids fed colostrum or a colostrum substitute. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 205(12):1759-1762.
- Cooke, J. S. & D. C. Wathes. 2014. Rearing heifer calves for optimum lifelong production. *Cattle Pract.* 22(1):66-71.
- Corbière, F., L. Sagot & J. M. Gautier. 2013. Le colostrum chez les ovins: transfert de l'immunité passive et autres aspects d'importance pour l'agneau. *Bulletin des GTV*:63-69.
- Cozler, Y. I., V. Lollivier, P. Lacasse & C. Disenhaus. 2008. Rearing strategy and optimizing first-calving targets in dairy heifers: a review. *Animal* 2(9):1393-1404.
- Cue, R. I., D. Pietersma, D. Lefebvre, R. Lacroix, K. Wade, D. Pellerin, A. M. De Passille & J. Rushen. 2012. Growth modeling of dairy heifers in Quebec based on random regression. *Can J. Anim. Sci.* 92(1):33-47.
- Dashtizadeh, M. & N. Monfared. 2011. Effects of feed restriction severities on digestibility, body composition and performance of young native male goats (Iran). Pages 417-421 *Conference Name*. *Publisher*, *Conference Location*.
- Dashtizadeh, M., M. J. Zamiri, A. Kamalzadeh & A. Kamali. 2008. Effect of feed restriction on compensatory growth response of young male goats. *Iran, J. Vet. Res.* 9(2):109-120.
- DeNise, S. K., J. D. Robison, G. H. Stott & D. V. Armstrong. 1989. Effects of passive immunity on subsequent production in dairy heifers. *J. Dairy Sci.* 72(2):552-554.
- Deribe, B. & M. Taye. 2014. Reproductive performance of abergelle goats raised under traditional management systems in Sekota District, Ethiopia. *Iran, J. Appl. Sci. Anim. Sci.* 4(1):59-63.
- Deribe Gemiyo, T., A. Girma & T. Azage. 2014. Early growth of Adilo kids under smallholder management systems, southern Ethiopia: influences of non-genetic factors. *Adv. Anim. Vet. Sci. J.* 2(8):468-476.
- Dohoo, I., S. Martin & H. Stryhn. 2003. Logistic regression. Pages 351-352 *Veterinary epidemiologic research*. AVC Inc., Charlottetown, P.E.I.
- Dohoo, I., S. Martin & H. Stryhn. 2010. Model-building strategies. Pages 374-375 *Veterinary epidemiologic research*. AVC Inc., Charlottetown, P.E.I.
- Doizé, F., M. Beaugregard, M. Dion, C. Brunelle, A. Doyon, G. Maher, F. Clair, S. Grothé, J. Marcoux, S. Vermette, J. Jolin, R. Lussier & J. Vandermeersch. 2013. Élaboration d'un plan d'élevage des chevrettes de races laitières, Rapport final. Numéro du projet: 6527. Financé par Agriculture et Agroalimentaire Canada, Programme canadien d'adaptation agricole. Page 111. Société des éleveurs de chèvres laitières de race du Québec.
- Doré, V., J. Dubuc, A. M. Bélanger & S. Buczinski. 2015. Definition of prepartum hyperketonemia in dairy goats. *J. Dairy Sci.* 98(7):4535-4543.
- Dumoulin, P. 2016. Environnement Socio-Économique. Pages 1-24 *L'élevage de la chèvre*. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec, Canada.
- Duplessis, M., R. I. Cue, D. E. Santschi, D. M. Lefebvre & R. Lacroix. 2015. Weight, height, and relative-reliability indicators as a management tool for reducing age at first breeding and calving of dairy heifers. *J. Dairy Sci.* 98(3):2063-2073.

- El-Nazeir, B. A., A. M. Mohammed, O. A. El-Khidir & M. Atta. 2015. Influence of non-genetic factors on birth and weaning weights of Friesian crossbred calves in the Sudan. *Res. Op. Anim. Vet, Sci. J.* 5(4):178-182.
- Fiems, L. O. & B. Ampe. 2015. Importance of dam BW change and calf birth weight in double-muscléd Belgian Blue cattle and its relationship with parity and calving interval. *Animal* 9(1):94-103.
- Frileux, Y. I., A. Pommaret, J. Hervieu, P. Morand-Fehr, J. Y. Brousseau, H. Coutineau, M. Dunord, J. P. Dupont, Y. Grimault, B. Broqua & E. Vanquackebeke. 1995. Analysis of body condition profiles in goats reared in various feeding systems. Dans *Options Méditerranéennes. Serie A, Séminaires Méditerranéens*; 1995. (27):151-160. 17 ref.
- Gaddour, A., M. Ouni & S. Najari. 2012. Growth curve estimation in pure goat breeds and crosses of first and second generation in Tunisian oases. *J. Cell Anim. Biol.* 6(6):99-103.
- Gallego-Calvo, L., M. C. Gatica, I. Celi, J. L. Guzman & L. A. Zarazaga. 2015. Body condition score is a critical factor determining the onset of puberty in Blanca Andaluza female goat kids. *Anim. Prod. Sci* 55(9):1179-1183.
- Gateff, S., B. Leboeuf, C. Desemery, C. Fouilland, M. Freleteau, M. P. Guillon, C. Jacquemet, F. Jenot & C. Raynaud. 2003. Maitriser la reproduction des chevrettes à contre-saison, quels résultats avec le traitement lumineux et l'effet bouc? Pages 123-126 *Conference Name*. Publisher, Conference Location.
- Gendreau, Y. 2014. Écorner sans casse-tête et sans douleur. *Producteur de Lait Québécois* 35(2):22-28.
- Godden, S. 2009. Colostrum management for dairy calves. Pages 11-18 *Conference Name*. Publisher, Conference Location.
- Godson, D. L., S. D. Acres & D. M. Haines. 2003. Failure of passive transfer and effective colostrum management in calves. *Large Animal Veterinary Rounds* 3(10):1-6.
- Goetsch, A. L., G. Detweiler, T. Sahlu & L. J. Dawson. 2001. Effects of different management practices on preweaning and early postweaning growth of Alpine kids. *Small Ruminant Res.* 41(2):109-116.
- Goodwin, K. A., R. Jackson, C. Brown, P. R. Davies, R. S. Morris & N. R. Perkins. 2004. Pneumonic lesions in lambs in New Zealand: patterns of prevalence and effects on production. *N. Z. Vet. J.* 52(4):175-179.
- Gueguen, L. 1997. The nutritional value of minerals in goat milk. *Intérêts nutritionnel et diététique du lait de chèvre*, Niort, France, 7 November 1996.; 1997. :67-80.
- Guerrault, P. & S. Ouin. 1990. Several methods of maintaining the supply of colostrum. *La Chèvre* 180:30-31.
- Hagan, B. A., J. K. Nyameasem, A. Asafu-Adjaye & J. L. Duncan. 2014. Effects of non-genetic factors on the birth weight, litter size and pre-weaning survivability of West African Dwarf goats in the Accra Plains. *Livest. Res. Rural Dev. J.* 26(1).
- Hasan, F., Jakaria & A. Gunawan. 2014. Genetic and phenotypic parameters of body weight in Ettawa Grade goats. *Media Peternakan* 37(1):8-16.
- Havrevoll, O., M. Hadjipanayiotou, M. R. Sanz Sampelayo, Z. Nitsan & P. Schmidely. 1991. Milk feeding systems of young goats. Pages 259-270 *Goat nutrition*. Pudoc, Wageningen.
- Heinrichs, A. J., C. M. Jones, S. M. Gray, P. A. Heinrichs, S. A. Cornelisse & R. C. Goodling. 2013. Identifying efficient dairy heifer producers using production costs and data envelopment analysis. *J. Dairy Sci.* 96(11):7355-7362.

- Hoch, T., C. Begon, I. Cassar-Malek, B. Picard & I. Savary-Auzeloux. 2003. Mechanisms and consequences of compensatory growth in ruminants. *INRA Productions Animales* 16(1):49-59.
- Hodgkinson, O. & L. Dawson. 2007. Practical anaesthesia and analgesia in sheep, goats and calves. In *Pract.* 29(10):596-603.
- Hodulova, L., R. Kostrohounova, L. Vorlova & I. Borkovcova. 2013. Colostrum as a significant source of lipophilic vitamins retinol and tocopherol. *Veterinarstvi* 63(9):692-695.
- Horton, G. M. J. & P. H. G. Stockdale. 1981a. Lasalocid and monensin in finishing diets for early weaned lambs with naturally occurring coccidiosis. *Am. J. Vet. Res.* 42(3):433-436.
- Horton, G. M. J. & P. H. G. Stockdale. 1981b. Oocyst discharge, rumen metabolism and performance of early weaned lambs with naturally occurring coccidiosis fed monensin. *Can. Vet. J.* 22(6):175-178.
- Hrbud, A., B. Mioc & V. Drzaic. 2014. The reproductive traits of milk goats in Republic of Croatia. *Stocarstvo* 68(1):11-17.
- IDELE. 2012. L'Élevage des chèvres. Petits ruminants. Institut de l'élevage de France, France.
- IDELE. 2013. Élevage de la chevrette coût d'alimentation - actualisation économique 2013. V. Inosys - réseau d'élevage caprins - Poitou-Charentes, Maine et Loire et Bretagne, ed, Paris, France.
- Istasse, L. 2000. Mechanisms of reduced and compensatory growth. *Domest. Anim. Endocrinol.* 19(2):121-132.
- Kamal, M. M., M. v. Eetvelde, E. Depreester, M. Hostens, L. Vandaele & G. Opsomer. 2014. Age at calving in heifers and level of milk production during gestation in cows are associated with the birth size of Holstein calves. *J. Dairy Sci.* 97(9):5448-5458.
- Kirton, A. H., P. J. O'Hara, E. H. Shortridge & D. O. Cordes. 1976. Seasonal incidence of enzootic pneumonia and its effect on the growth of lambs. *N. Z. Vet. J.* 24(4):59-64.
- Knowles, T. G., S. N. Brown, P. D. Warriss, A. J. Phillips, S. K. Dolan, P. Hunt, J. E. Ford, J. E. Edwards & P. E. Watkins. 1995. Effects on sheep of transport by road for up to 24 hours. *Vet. Rec.* 136(17):431-438.
- Krpalkova, L., V. E. Cabrera, M. Vacek, M. Stipkova, L. Stadnik & P. Crump. 2014. Effect of prepubertal and postpubertal growth and age at first calving on production and reproduction traits during the first 3 lactations in Holstein dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 97(5):3017-3027.
- Lalancette, R. 2016. Profil sectoriel de l'industrie bioalimentaire au Québec, édition 2015. Page 135. Institut de la Statistique du Québec, Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec.
- Lawrence, T. L. J., V. R. Fowler & J. E. Novakofski. 2012. Growth of farm animals. Vol. 3. No. 352.
- Leboeuf, A. 2016. Santé. Pages 269-333 L'Élevage de la chèvre. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec, Canada.
- Lefebvre, D., R. Lacroix & J. Charlebois. 2004. Suivi de la croissance: de nouvelles courbes pour les génisses d'aujourd'hui. *Producteur de Lait Québécois* 24(7):17-19.
- Lerias, J. R., L. E. Hernandez-Castellano, A. Suarez-Trujillo, N. Castro, A. Pourslis & A. M. Almeida. 2014. The mammary gland in small ruminants: major morphological and functional events underlying milk production - a review. *J. Dairy. Res.* 81(3):304-318.
- Lictevout, V. 1992. La croissance de la chevrette: répercussions sur les performances ultérieures de reproduction et de lactation. Mémoire de fin d'études. Page 73. ESITPA.

- Lohakare, J. D., K. H. Sudekum & A. K. Pattanaik. 2012. Nutrition-induced changes of growth from birth to first calving and its impact on mammary development and first-lactation milk yield in dairy heifers: a review. *Asian Austral. J. Anim* 25(9):1338-1350.
- Luparia, F., M. Martinez & J. J. Candotti. 2009. Goat kids rearing: solid diets for early weaning. *Rev. Argent. Prod. Anim. J.* 29(2):89-97.
- Luther, J., R. Aitken, J. Milne, M. Matsuzaki, L. Reynolds, D. Redmer & J. Wallace. 2007. Maternal and fetal growth, body composition, endocrinology, and metabolic status in undernourished adolescent sheep. *Biol. Reprod.* 77(2):343-350.
- Malpaux, B., C. Viguie, J. C. Thiery & P. Chemineau. 1996. Photoperiodic control of reproduction. *Productions Animales* 9(1):9-23.
- MAPAQ. 2011. Monographie de l'industrie caprine au Québec. Page 70. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec.
- Massimini, G., V. Mastellone, D. Britti, P. Lombardi & L. Avallone. 2007. Effect of passive transfer status on preweaning growth performance in dairy goat kids. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 231(12):1873-1877.
- McDougald, L. R. & W. J. Dunn. 1978. Efficacy of monensin against coccidiosis in lambs. *Am. J. Vet. Res.* 39(9):1459-1462.
- McMeekan, C. M., D. J. Mellor, K. J. Stafford, R. A. Bruce, R. N. Ward & N. G. Gregory. 1998a. Effects of local anaesthesia of 4 to 8 hours' duration on the acute cortisol response to scoop dehorning in calves. *Aust. Vet. J.* 76(4):281-285.
- McMeekan, C. M., K. J. Stafford, D. J. Mellor, R. A. Bruce, R. N. Ward & N. G. Gregory. 1998b. Effects of regional analgesia and/or a non-steroidal anti-inflammatory analgesic on the acute cortisol response to dehorning in calves. *Res. Vet. Sci.* 64(2):147-150.
- McRae, K. M., H. J. Baird, K. G. Dodds, M. J. Bixley & S. M. Clarke. 2016. Incidence and heritability of ovine pneumonia, and the relationship with production traits in New Zealand sheep. *Small Ruminant Res.* 145:136-141.
- Mellado, M., L. Cantu & J. E. Suarez. 1997. Effects of body condition, length of breeding period, buck:doe ratio, and month of breeding on kidding rates in goats under extensive conditions in arid zones of Mexico. *Small Ruminant Res.* 23(1):29-35.
- Méthot, H. & M.-E. Marier. 2016. Reproduction. Pages 117-182 *L'élevage de la chèvre. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec, Canada.*
- Meza-Herrera, C. A., J. M. Serradilla, M. E. Munoz-Mejias, F. Baena-Manzano & A. Menendez-Buxadera. 2014. Effect of breed and some environmental factors on body weights till weaning and litter size in five goat breeds in Mexico. *Small Ruminant Res.* 121(2/3):215-219.
- Michlova, T., H. Dragounova, S. Hornickova & A. Hejtmankova. 2015. Factors influencing the content of vitamins A and E in sheep and goat milk. *Czech J. Food Sci.* 33(1):58-65.
- Moeini, M. M., R. Kachuee & M. T. Jalilian. 2014. The effect of body condition score and body weight of Merghoz goats on production and reproductive performance. *J. Anim. Poult. Sci* 3(3):86-94.
- Morand-Fehr. 1984. International colloquium on goat diseases, Niort (France) 9-11 October 1984. Page 750.
- Morand-Fehr, P. 1981. Nutritional characteristics of goats. *Bulletin des Groupements Techniques Veterinaires* 3:5-21.

- Morand-Fehr, P. 1989. Caractéristiques nutritionnelles, besoins alimentaires et stratégies d'alimentation de la chèvre laitière dans des conditions intensives. 19èmes Journées de l'ANPA, Ouarzazate.
- Morand-Fehr, P., P. Bas, J. Hervieu & D. Sauvant. 1990. Estimation of the body fat composition of dairy goats using various methods relating to lipid metabolism or body condition. *Reprod. Nutr. Dev.* 2(3).
- Morand-Fehr, P., C. Broqua, P. Bas & Y. Lefrileux. 1996. Dietary recommendations and strategies for dairy young goats. *Rencontres, Recherches, Ruminants* 3:211-218.
- Morand-Fehr, P. & J. Hervieu. 1999. Body condition scoring of goats: use and method. *La Chèvre* 231:22-33.
- Moreno-Indias, I., D. Sanchez-Macias, N. Castro, A. Morales-de la Nuez, L. E. Hernandez-Castellano, J. Capote & A. Arguello. 2012. Chemical composition and immune status of dairy goat colostrum fractions during the first 10 h after partum. *Small Ruminant Res.* 103(2/3):220-224.
- Morisse, J. P., J. P. Cotte & D. Huonnic. 1995. Effect of dehorning on behaviour and plasma cortisol responses in young calves. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 43(4):239-247.
- Morris, S. T., D. J. Garrick, N. Lopez-Villalobos, P. R. Kenyon, J. L. Burke & H. T. Blair. 2010. Growth, feed intake and maternal performance of Angus heifers selected for high or low growth and milk production. *Anim. Prod. Sci* 50(5/6):349-353.
- Mosher, R. A., C. Wang, P. S. Allen & J. F. Coetzee. 2013. Comparative effects of castration and dehorning in series or concurrent castration and dehorning procedures on stress responses and production in Holstein calves. *J. Anim. Sci.* 91(9):4133-4145.
- Mourits, M. C. M., R. B. M. Huirne, A. A. Dijkhuizen, A. R. Kristensen & D. T. Galligan. 1999. Economic optimization of dairy heifer management decisions. *Agricult. Sys.* 61(1):17-31.
- NRC. 1985. Nutrient Requirements of Sheep. 6th rev. ed. ed. National Academies Press, Washington, D.C.
- NRC. 2007. Nutrient Requirements of Small Ruminants : sheep, goats, cervids, and new world camelids. National Academies Press, Washington, D.C.
- Palma, J. M. & M. A. Galina. 1995. Effect of early and late weaning on the growth of female kids. *Small Ruminant Res.* 18(1):33-38.
- Parajuli, A. K., M. R. Kolachhapati, N. Bhattarai & N. R. Devkota. 2014. Effect of non-genetic factors on productive performance of hill goat in Nawalparasi, Nepal. *Nepal J, Agri, Sci.* 12:198-203.
- Paul, R. C., A. N. M. I. Rahman, S. Debnath & M. A. M. Y. Khandoker. 2014. Evaluation of productive and reproductive performance of Black Bengal goat. *Anim. Sci. J. Pak.* 43(2):104-111.
- Pellerin, D. & D. Gilbert. 2008. La gestion des coûts de remplacement. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec. Canada.
- Pellicer-Rubio, M. T., K. Boissard, Y. Forgerit, J. L. Pougard, J. L. Bonne & B. Leboeuf. 2016. Evaluation of hormone-free protocols based on the "male effect" for artificial insemination in lactating goats during seasonal anestrus. *Theriogenology* 85(5):960-969.
- Piedhault, F., K. Lazard, M. Proust, B. Foisnon, V. Lictévout, J.-Y. Lhériaux & N. Bossis. 2014. Réussir l'élevage des chevrettes, de la naissance à la mise bas. *Inosys*, ed. Institut de l'Élevage, Paris, France.

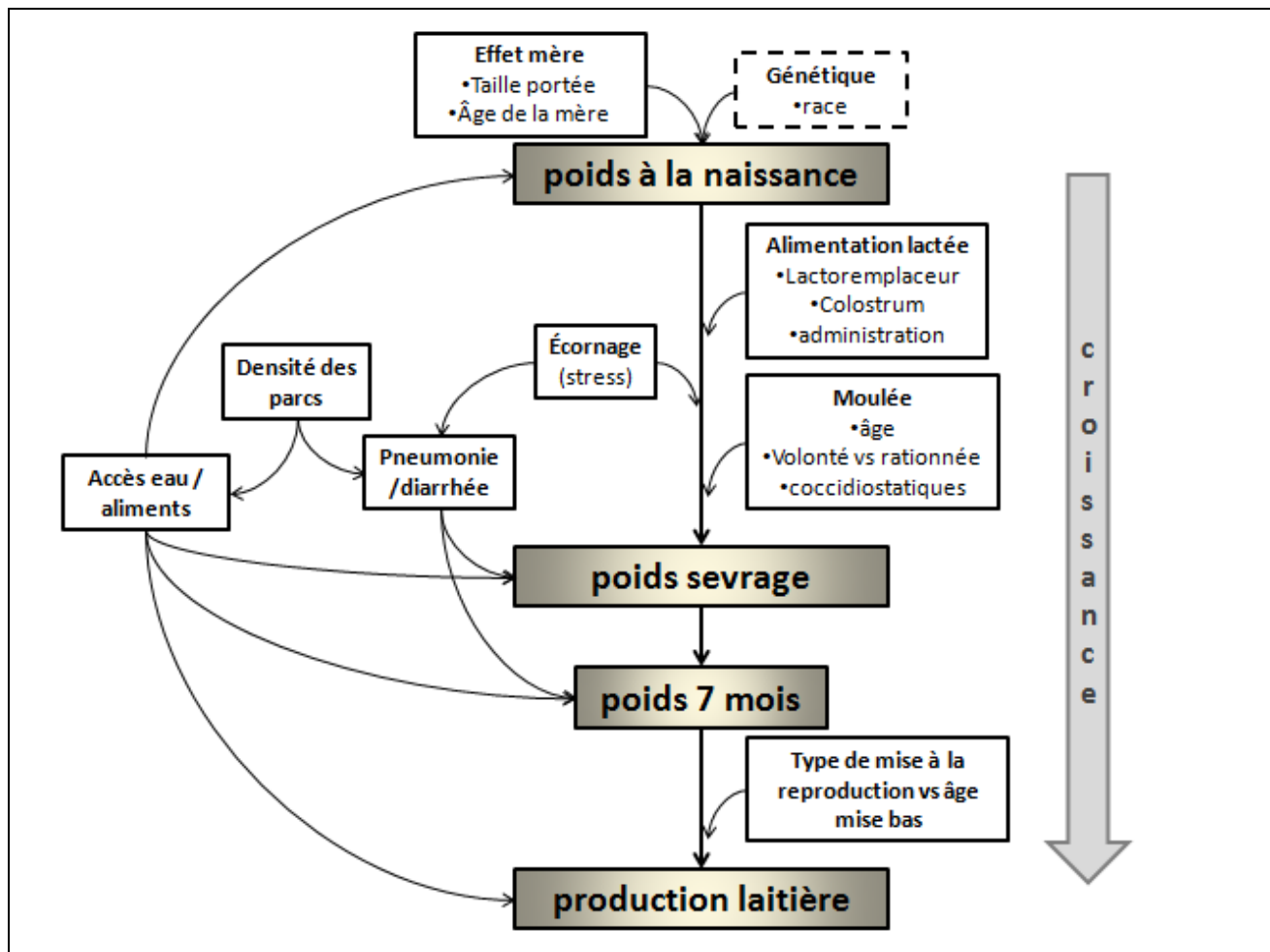


- Protas, J., Z. Szymanska, R. Niznikowski, M. Swiatek, M. Slezak, G. Czub & K. Glowacz. 2014. The assessment of performance traits of boer goats maintained in sheep and goats research farm in Zelazna. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczego we Wroclawiu Biologia i Hodowla Zwierzat* 74(603):17-22.
- Rabbani, S., M. Irfan, K. Muhammad & Z. Q. Ahmed. 1990. Studies on the transfer of maternal immunoglobulins in kids. *Archiva Veterinaria* 19:53-59.
- Regadas Filho, J. G. L., L. O. Tedeschi, M. T. Rodrigues, L. F. Brito & T. S. Oliveira. 2014. Comparison of growth curves of two genotypes of dairy goats using nonlinear mixed models. *J. Agricult. Sci.* 152(5):829-842.
- Robinson, J. J., I. McDonald, C. Fraser & R. M. J. Crofts. 1977. Studies on reproduction in prolific ewes. 1. Growth of the products of conception. *J. Agricult. Sci.* 88(3):539-552.
- Roche, J. R., N. C. Friggens, J. K. Kay, M. W. Fisher, K. J. Stafford & D. P. Berry. 2009. Body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare. *J. Dairy Sci.* 92(12):5769-5801.
- Ruiz, A., A. C. Guedes, M. C. Munoz, J. M. Molina, C. Hermosilla, S. Martin, Y. I. Hernandez, A. Hernandez, D. Perez, L. Matos, A. M. Lopez & A. Taubert. 2012. Control strategies using diclazuril against coccidiosis in goat kids. *Parasitol. Res.* 110(6):2131-2136.
- Sampelayo, M. R. S., L. Allegretti, F. G. Extremiera & J. Boza. 2003. Growth, body composition and energy utilisation in pre-ruminant goat kids. Effect of dry matter concentration in the milk replacer and animal age. *Small Ruminant Res.* 49(1):61-67.
- Sanchis, R., P. Guerrault, G. Abadie & M. P. Pellet. 1991. Frequency of isolation of serotypes of *Pasteurella haemolytica* from sheep and goats. *Rev. Med. Vet. (Toulouse)* 142(3):201-205.
- Sauvant, D., S. Giger-Reverdin, F. Meschy, L. Puillet & P. Schmidely. 2012. Updating nutritional recommendations for dairy goats. *INRA Productions Animales* 25(3):259-276.
- Shelton, M. 1978. Reproduction and breeding of goats. *J. Dairy Sci.* 61(7):994-1010.
- Sherman, D. M., T. D. Arendt, J. M. Gay & V. A. Maefsky. 1990. Comparing the effects of four colostral preparations on serum Ig levels of newborn kids. *Vet. Med.* 85(8):908-913.
- Singh, H., U. Pannu, H. K. Narula, A. Chopra & C. K. Murdia. 2013. Influence of genetic and non-genetic factors on pre-weaning growth in Marwari sheep. *Indian J. Small Rumin.* 19(2):142-145.
- Smith, M. C. & D. M. Sherman. 2009. Goat medicine. Pages 258-261. L. Febiger, ed, USA.
- Soodeen-Karamath, S. & F. G. Youssef. 1999. Effect of monensin, avoparcin and grass supplementation on utilization of urea-treated rice straw by sheep and goats. *Small Ruminant Res.* 33(3):201-211.
- Spelman, J., K. W. Millard & M. Gregory. 1989. The prophylactic and therapeutic efficacy of decoquinate for control of ovine coccidiosis. *Coccidia and intestinal coccidiomorphs Tours (France):17-20 October 1989 ; 1989.*
- Stellflug, J. N., F. Rodriguez & J. A. Fitzgerald. 1993. Influence of estrus induction with artificial insemination or natural mating on reproductive performance of fall-born ewe lambs during an out-of-season breeding. *Sheep Res. J.* 9(3):115-118.
- Stock, M. L., S. L. Baldrige, D. Griffin & J. F. Coetzee. 2013. Bovine dehorning: assessing pain and providing analgesic management. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 29(1):103-133.

- Striga, T., M. Konjacic, N. K. Ugarkovic, A. Ivankovic, J. Ramljak, S. Benak & K. Degmecic. 2015. Effect of genotype and gender on gestation length and birth weight of calves. 50th Croatian & 10th International Symposium on Agriculture.
- Su, A. K., S. S. Yan & S. C. Wu. 1993. Effect of monensin concentration in diets on growth performance and propionate concentration in the rumen of crossbred kids. *TURI* 26(4):297-306.
- Sung, M., S. Lee, J. Jeong, I. Choi, S. Moon, H. Kang & I. Kim. 2016. Effect of age at first calving on productive and reproductive performance in dairy cattle. *J. Vet. Clin.* 33(2):93-96.
- Sylvester, S. P., K. J. Stafford, D. J. Mellor, R. A. Bruce & R. N. Ward. 2004. Behavioural responses of calves to amputation dehorning with and without local anaesthesia. *Aust. Vet. J.* 82(11):697-700.
- Tatar, A. M., N. Tekel, M. Ozkan, I. Baritci & G. Dellal. 2009. The determination of growth function in young Hair goat. *J. Anim. Vet. Adv.* 8(2):213-216.
- Ungerfeld, R., M. J. Hotzel, A. Scarsi & G. Quintans. 2011. Behavioral and physiological changes in early-weaned multiparous and primiparous beef cows. *Animal* 5(8):1270-1275.
- Vacek, M., L. Krpalkova, J. Syrucek, M. Stipkova & M. Janecka. 2015. Relationships between growth and body condition development during the rearing period and performance in the first three lactations in Holstein cows. *Czech J. Anim. Sci.* 60(9):417-425.
- Villeneuve, L., D. Cinq-Mars & P. Lacasse. 2010. Effects of restricted feeding of prepubertal ewe lambs on growth performance and mammary gland development. *Animal* 4(6):944-950.
- Virtala, A. M. K., G. D. Mechor, Y. T. Grohn & H. N. Erb. 1996. The effect of calfhoo diseases on growth of female dairy calves during the first 3 months of life in New York State. *J. Dairy Sci.* 79(6):1040-1049.
- Wang, D., P. Lee, T. Li, S. Yang & J. Huang. 2015. Effect of artificial photoperiod on induction of estrus and conception of dairy does in non-breeding season. *TURI* 48(2):94-99.
- Wilson, P. & D. Osbourn. 1960. Compensatory growth after undernutrition in mammals and birds. *Biol. Rev. Camb. Philos. Soc.* 35:324-363.
- Windeyer, M. C., K. E. Leslie, S. M. Godden, D. C. Hodgins, K. D. Lissemore & S. J. LeBlanc. 2014. Factors associated with morbidity, mortality, and growth of dairy heifer calves up to 3 months of age. *Prev. Vet. Med.* 113(2):231-240.
- Wittum, T. E., N. E. Woollen, L. J. Perino & E. T. Littledike. 1996. Relationships among treatment for respiratory tract disease, pulmonary lesions evident at slaughter, and rate of weight gain in feedlot cattle. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 209(4):814-818.
- Yambayamba, E. S. K., M. A. Price & G. R. Foxcroft. 1996. Hormonal status, metabolic changes, and resting metabolic rate in beef heifers undergoing compensatory growth. *J. Anim. Sci.* 74(1):57-69.
- Yilmaz, M., G. Erdogan, H. E. Bardakcioglu, T. Taskin & T. Altin. 2011. Effect of BCS at mating on some reproductive performance of Saanen goat under raised semi intensive conditions. *J. Anim. Vet. Adv.* 10(22):2909-2912.
- Youssef, H. F. H., M. E. El-Gendy, E. O. H. Saifelnasr, H. A. El-Sanafawy & F. E. Saba. 2014. Relationship between body conformation and milk yield and composition in Zaraibi and Damascus goats. *Egypt. J. Sheep and Goat Sci.* 9(3):83-94.

- Yvore, P., A. Esnault & P. Guillimin. 1981. Coccidiosis of kids bred in goat farms: importance of choosing the time of treatment. *Rev. Med. Vet. (Toulouse)* 132(3):205-208.
- Zarrouk, A., O. Souilem, P. V. Drion & J. F. Beckers. 2001. Reproductive characteristics of goats. *Ann. Med. Vet.* 145(2):98-105.

## ANNEXE 1 : Diagramme de causalité de la croissance de la chevrette



## ANNEXE 2 : Résultats des questionnaires sur la régie de troupeaux.

1. Questionnaire sur la régie des chevrettes 0-7 mois des 15 fermes participantes de la cohorte #2, rempli à l'automne 2013.

			Ferme															
			M4	M11	C1	C2	C3	C5	C6	C9	C12	C13	C14	C15	Q1	Q3	Q9	
Alimentation lactée	Lactoremplacéur	% Protéines	22	n/a	22	22	22	n/a	22	22	22	22	22	22	22	26	22	
		% Gras	23,5	n/a	19,0	19,0	25,0	n/a	25,0	23,5	23,5	18,0	19,0	23,5	23,5	16,0	23,5	
	Administration	Biberons																
		Auge										X					X	
		Chaudière à tétines		X							X						X	
	Gestion du colostrum	Louve	X		X	X	X	X	X				X	X	X	X		X
		Bovin	X					X							X			X
		Caprin thermisé		X	X	X	X				X						X	
		Caprin non thermisé							X	X		X	X		X			
Sevrage	Critère prioritaire	Poids	X	X	X	X	X			X		X	X		X	X	X	
		Âge			X			X	X		X		X	X				
	Poids visé (kg)	15	15	15	14	12	14	n/a	15	n/a	15	14	n/a	12	15		15	
	Âge visé (semaines)	8	n/a	8	6	6	7	7	7	6	n/a	8	8	6	n/a		8	
	Type de sevrage	Drastique	X	X	X	X	X		X	X					X	X	X	
		Progressif						X			X	X	X	X				
Alimentation solide	âge introduction de la moulée (j)		7	0	14	30	30	0	15	14	5	14	0	0	45	21	0	
	Moulée à volonté	oui	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	
		non													X			
	Coccidiostatiques dans la moulée	oui	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
		non					X											
Écornage	Âge (jours)		14	14	14	15	10	60	30	14	14	14	14	14	10	7	7	
	propane													X				
	butane														X			
	type de brûleur	électrique	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	
Mise à la reproduction	Critère prioritaire	Poids		X	X	X	X			X					X	X	X	
		Âge	X			X	X	X	X		X	X	X	X			X	
	Poids visé (kg)	n/a	34	32	34	32	34	n/a	35	n/a	32	34	n/a	32	32		35	
	Âge visé (mois)	8	n/a	n/a	7	8	8	10	n/a	9	7	7	10	7	n/a		7	
	Écographie pour confirmer gestation	oui	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	

Légende : n/a : ne s'applique pas

2. Questionnaire sur la régie des chevrettes 7-12 mois des répondu par 8/15 troupeaux de la cohorte #2, rempli à l'hiver 2015.

		Ferme							
		M11	C2	C3	C5	C6	C13	C14	Q1
Taux de gestation chevrettes (%)	Automne 2013	n/a	PR	50	15	90	75	PR	75
	Printemps 2014	100	PR	90	95	90	95	PR	70
Proportion de chevrettes mises à la reproduction sans satisfaire les critères (%) <sup>1</sup>		0	5	5	5	5	0	PR	5
Méthodes de reproduction chez les primipares	Saillie naturelle sur chaleur naturelle		X	X	X	X	X	X	
	Saillie naturelle et synchronisation hormonale		X	X			X		
	saillie naturelle et photopériode					X			X
	Insémination artificielle sur chaleur naturelle	X							
	Insémination artificielle et synchronisation hormonale								
	Effet Bouc	X		X		X			
Âge maximal toléré pour chevrete non gestante avant la réforme (mois)		12	12	∞	24	10	24	PR	12
Durée maximale du contact avec le bouc si saillie naturelle (jours)		n/a	90	∞	180	40	PR	∞	30

Légende : PR : question non répondue, n/a : ne s'applique pas.

<sup>1</sup> : selon réponse du questionnaire #1